



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE  
ALIMENTOS  
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE CACAU NA ESCOLHA DE  
UM *COATING* PARA CHOCOLATE**

Renata Vicente

Florianópolis  
2018

**RENATA VICENTE**

**INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE CACAU NA ESCOLHA DE UM  
COATING PARA CHOCOLATE**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia Química e de Engenharia de Alimentos do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina apresentado como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. João Borges Laurindo

Coorientador: Dr<sup>a</sup>. Jaqueline Oliveira de Moraes

**Florianópolis  
2018**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, eu agradeço a Deus pela benção da vida, por me proporcionar saúde e por me guiar em toda a minha trajetória.

Agradeço a minha mãe, Zilda, por me apoiar durante essa longa caminhada, sempre acreditando no meu potencial, até mesmo quando eu não acreditei, e por todo o apoio psicológico e financeiro.

A minha irmã, Giseli (mamãena), por todo o apoio e amor e dedicado a mim.

A minha irmã, Bruna, por ter sido tudo que eu precisei durante todos esses 6 anos (irmã, amiga, mãe, psicóloga e tudo mais). Obrigada por me apoiar, me acalmar sempre que precisei, e por ser minha parceira em tudo.

Ao meu afilhado, Bernardo, por ter me proporcionado tantos momentos felizes durante todo esse período e por sempre acreditar em mim, e ao meu sobrinho, Eduardo, que chegou agora no finalzinho da graduação para alegrar ainda mais os meus dias.

Aos meus amigos, Helena, Isabella, Letícia, Matheus e Ana Lúcia, que tornaram essa trajetória muito mais prazerosa, dividindo momentos bons e ruins comigo. Em especial a Ana Carolina, que é uma irmã pra mim, por todo o apoio e por dividir comigo momentos tão importantes da vida. São todos presentes que a UFSC me deu.

Agradeço ao professor João, pela orientação e pelo exemplo de profissional.

A minha “chefa”, Jaqueline, por ter sido a melhor coorientadora que alguém poderia ter. Agradeço por toda a paciência e dedicação que teve durante o projeto de TCC, me ensinando e aprendendo junto comigo sobre o tema. Por ser amiga, professora, referência profissional, e por todo o carinho dedicado a mim.

A todos os membros do PROFI, por tudo o que me ensinaram e por alegrarem os meus dias. Agradeço, em especial, a Paula, Laura, Ricardo e Raquel, por toda ajuda, seja tirando dúvidas, dando “dicas”, ou auxiliando no uso de equipamentos. O PROFI se tornou a minha segunda casa nesses últimos anos.

Agradeço também a todos os professores que tive durante a minha graduação, por todo conhecimento passado e por “construir” junto comigo uma engenheira em mim. Agradeço, também, aos funcionários da UFSC, que contribuíram para que minha permanência na universidade fosse mais satisfatória.

Por fim, agradeço à UFSC, que me proporcionou uma ótima estrutura para que eu tivesse um bom aprendizado.

## RESUMO

O chocolate é um produto altamente consumido e de importância econômica no mundo. O seu derretimento causa perdas na produção quando ocorre após o desmolde, e é considerado um inconveniente quando derrete nas mãos durante o consumo. A variação de temperatura durante seu armazenamento afeta a qualidade do produto, causando deformações e a migração de gordura para a superfície (*fatbloom*). Esses defeitos podem ser evitados com a utilização de um *coating*, o qual não deve alterar as características sensoriais do chocolate. O objetivo deste estudo foi avaliar as características da superfície de chocolates compostos com diferentes concentrações de cacau, a fim de definir um *coating* com potencial para reduzir o derretimento do produto na mão do consumidor. O chocolate foi caracterizado pelas técnicas de ângulo de contato e energia livre superficial, demonstrando ser hidrofóbico, e seu derretimento foi analisado por meio da Calorimetria Exploratória Diferencial. Diferentes formulações de *coating* foram produzidas, à base de goma arábica. O comportamento de derretimento dos chocolates com *coating* foi analisado com câmera termográfica e análise sensorial. Pequenas diferenças foram analisadas em relação à variação de temperatura. No entanto, os avaliadores apresentaram preferência por aquelas sem *coating*.

**Palavras-chave:** Chocolate; *coating*; goma arábica.

## ABSTRACT

Chocolate is a highly consumed and economically important product in the world. Its melting causes production losses when it occurs after demolding, and is considered an inconvenience when it melts in the hands during consumption. Temperature variation during storage affects product quality, causing deformation and migration of fat to the surface (fatbloom). These defects can be avoided with the use of a coating, which should not alter the sensorial characteristics of the chocolate. The objective of this study was to evaluate the surface characteristics of chocolates composed with different concentrations of cocoa in order to define a coating with potential to reduce the melting of the product in the consumer's hand. The chocolate was characterized by the contact angle and surface free energy techniques, demonstrating to be hydrophobic, and its melting was analyzed through Differential Exploratory Calorimetry. Different coating formulations were produced based on gum arabic. The melting behavior of the chocolates with coating was analyzed with thermographic camera and sensorial analysis. Small differences were analyzed in relation to temperature variation. However, the evaluators presented preference for those without coating.

**Keywords:** Chocolate; *coating*; gum arabic.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema ilustrativo de fatores que podem afetar a molhabilidade a) rugosidade b) heterogeneidade química da superfície.

Figura 2 - Esquema ilustrativo representando a mudança de ângulo de contato pela evaporação do líquido.

Figura 3 - Dados de sólidos de cacau e porcentagem de gordura total informados na embalagem.

Figura 4 – Estereoscopias das fraturas dos diferentes chocolates

Figura 5 – Molhabilidade das diferentes formulações de *coating* nos chocolates a) branco b) 41% de sólidos de cacau e c) 85% de sólidos de cacau

Figura 6 – Gota da formulação G depositada na superfície do chocolate 85% cacau

Figura 7 – Gota da formulação G depositada na superfície do chocolate branco

Figura 8 – Espalhamento dos *coatings* sobre as amostras de chocolate

Figura 9 – Taxas de secagem do chocolate a) branco, b) 41% de cacau e c) 85% de cacau. (triplicatas se encontram no anexo)

Figura 10 – Cinética de secagem do chocolate a) branco, b) 41% de cacau e c) 85% de cacau. (triplicatas se encontram no anexo)

Figura 11 – Termografia dos chocolates no primeiro minuto de aquecimento.

Figura 12 – Termografia dos chocolates no quarto minuto de aquecimento

Figura 13 – Termografia dos chocolates do quinto minuto de aquecimento.

Figura 14 – Termografia dos chocolates no sexto minuto de aquecimento

Figura 15 – Termografia dos chocolates no sétimo minuto de aquecimento.

Figura 16 – Termografia dos chocolates no oitavo minuto de aquecimento

Figura 17 – Termografia dos chocolates no nono minuto de aquecimento.

Figura 18 – Teste de sujidade de chocolate (branco e 41% cacau) na mão, após o aquecimento.

Figura 19 – Molhabilidade das diferentes formulações de *coating* nos chocolates a), d) e g) branco; b), e) e h) 41% de sólidos de cacau; c), f) e i) 85% de sólidos de cacau.

Figura 20 – Taxas de secagem do chocolate a) branco, b) 41% de cacau e c) 85% de cacau, com o *coating* GEO.

Figura 21 – Taxas de secagem do chocolate a) branco, b) 41% de cacau e c) 85% de cacau, com o *coating* GO.

Figura 22 – Cinéticas de secagem do chocolate a) branco, b) 41% de cacau e c) 85% de cacau, com os *coatings* GEO e GO.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Nomenclaturas e formas cristalinas da manteiga de cacau e seus respectivos pontos de fusão (°C)

Tabela 2 - Amostras de chocolate e seus respectivos ingredientes

Tabela 3 – Formulações utilizadas na preparação dos *coatings*.

Tabela 4 - Ângulo de contato dos líquidos padrões e as amostras de chocolate

Tabela 5 - Energia Livre Superficial e suas componentes para o chocolate pelo modelo de Owens e Wendt.

Tabela 6– Dados de temperaturas e energia de entalpia de fusão das amostras de chocolate.

Tabela 7 – Umidade dos chocolates controle e com diferentes *coatings*

Tabela 8 – Dados referentes à análise de cor das amostras de chocolate.

Tabela 9 – Análise de textura do chocolate branco com os diferentes recobrimentos

Tabela 10 – Análise de textura do chocolate com 41% de cacau com os diferentes recobrimentos

Tabela 11 - Análise de textura do chocolate com 85% de cacau com diferentes recobrimentos

Tabela 12 - Número de respostas referente ao brilho e a sujidade residual dos chocolates.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
3.1 CHOCOLATE.....	13
3.1.1 Manteiga de cacau.....	14
3.1.2 Açúcares.....	14
3.1.3 Leite em pó.....	14
3.1.4 Processo de produção do chocolate.....	15
3.1.5 Estabilidade do chocolate.....	16
3.2 COATING.....	18
3.2.1 Composição de <i>coatings</i> .....	18
3.2.2 Aplicação de <i>coating</i> em superfícies.....	20
3.2.3 <i>Coating</i> para chocolates.....	20
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
4.1 MATERIAIS.....	23
4.2 MÉTODOS.....	24
4.2.1 Estereoscopias ópticas.....	24
4.2.2 Ângulo de Contato e Energia Livre Superficial dos chocolates.....	24
4.2.3 Calorimetria Diferencial de Varredura dos chocolates.....	25
4.2.4 Preparo dos <i>Coatings</i> .....	25
4.2.5 Molhabilidade dos <i>coatings</i> nos chocolates.....	26
4.2.6 Cinética de secagem.....	27
4.2.7 Umidade.....	27
4.2.8 Cor.....	27
4.2.9 Resistência à perfuração dos chocolates.....	27
4.2.10 Termografias dos chocolates quando submetidos ao aquecimento.....	28



4.2.11 Análise sensorial – Comparação pareada.....	28
4.2.12 Análise estatística.....	28
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>29</b>
5.1 ESTEREOSCOPIAS ÓPTICAS.....	29
5.2 ESTUDOS PRELIMINARES.....	30
5.3 ÂNGULO DE CONTATO E ENERGIA LIVRE SUPERFICIAL.....	31
5.4 CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE VARREDURA.....	33
5.5 CARACTERIZAÇÃO DOS <i>COATINGS</i> NO CHOCOLATE.....	34
5.5.1 Molhabilidade dos <i>coatings</i> nos chocolates.....	34
5.5.2 Cinética de secagem.....	37
5.5.3 Umidade.....	38
5.5.4 Termografias dos chocolates quando submetidos ao aquecimento.....	39
5.5.5 Cor.....	43
5.5.6 Análise de textura dos chocolates.....	44
5.5.7 Análise sensorial – comparação pareada.....	46
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>7. TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>49</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>50</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>53</b>

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e Derivados (ABICAB), a indústria de chocolate brasileira tem importância significativa na economia do país. O Brasil é o quarto maior consumidor e terceiro maior produtor de chocolates no mundo (ABICAB, 2018). Segundo a definição da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o chocolate deve conter, no mínimo, 25% de sólidos de cacau misturados a outros ingredientes. Enquanto, o chocolate branco é obtido da mistura de, no mínimo, 20% de sólidos totais de manteiga de cacau a outros ingredientes (BRASIL, 2005).

Os ingredientes comumente utilizados na fabricação do chocolate são: massa de cacau, manteiga de cacau, açúcar, leite em pó, gordura de leite, soro de leite em pó, lactose, lecitina e aroma. Sendo que, a manteiga de cacau é a principal responsável pelas características do produto final, como o sabor e a textura (MARTINS, 2007). Durante o processo de produção, o chocolate passa por diversas etapas fundamentais para a sua composição final, conferindo sabor, aroma e textura. Quaisquer mudanças em parâmetros como tempo de resfriamento durante a temperagem, temperatura durante a mistura dos ingredientes, velocidade de mistura, podem alterar drasticamente as características do produto. Variações de temperatura durante a estocagem acarretam perdas de qualidade do produto, causando modificações na estrutura do chocolate, resultando em características consideradas como inconvenientes pelo consumidor.

A forma mais estável da manteiga tem ponto de fusão próximo de 37 °C, essa temperatura pode ser facilmente alcançada durante o transporte e armazenamento do chocolate em regiões tropicais (BECKETT, 2008).

Beckett S. T. (2008), em seu livro “*The Science of Chocolate*”, cita que uma alternativa para evitar o derretimento do chocolate nas mãos, é a aplicação de um *coating* (revestimento comestível), geralmente feito de açúcar ou goma laca. Porém, não há mais detalhes sobre como são fabricados esses coatings.

Cada composição para a formação de um *coating* oferece características diferentes e a sua escolha deve ser baseada não só apenas em relação às suas propriedades, mas também de acordo com as propriedades do material a ser recoberto. Goma arábica tem potencial para ser utilizada em recobrimentos, uma vez que, é solúvel em água e outros solventes, apresenta boa capacidade emulsificante, pouco viscosa (forma camada fina), biodegradável e biocompatível, e possui grande aplicação no ramo da confeitaria.

Fenômenos de superfície são bastante estudados, pois têm importância para diversas áreas da tecnologia. A compreensão da superfície do chocolate tem aplicabilidade para o estudo de diversos outros parâmetros e fenômenos que ocorrem no processamento deste produto. Keijbets et al (2009), avaliou a adesão de chocolates na superfície de diferentes moldes durante a fabricação e concluiu qual seria o melhor molde com base nos resultados de energia livre superficial.

Este trabalho tem como objetivo analisar as características superficiais e térmicas de chocolates com diferentes concentrações de cacau para a escolha de um *coating* adequado, visando evitar o derretimento do alimento nas mãos durante o consumo.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as características superficiais e térmicas de chocolates com diferentes concentrações de cacau para a escolha de um *coating* adequado, visando evitar o derretimento do alimento nas mãos durante o consumo.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as propriedades térmicas e de superfície do chocolate para definir um *coating* adequado.
- Caracterizar e comparar os chocolates revestidos em relação às suas propriedades físicas, mecânicas e sensoriais.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 CHOCOLATE

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e Derivados (ABICAB), a indústria de chocolate brasileira movimentou US\$ 166 milhões no ano de 2014, produzindo 781 mil toneladas e exportando 29 mil toneladas de chocolate e produtos de chocolate. O Brasil é o quarto maior consumidor e terceiro maior produtor de chocolates no mundo (ABICAB, 2018).

Por volta do século XIX, o consumo do chocolate se dava exclusivamente na forma de bebida líquida, produzida a partir de amêndoas fermentadas com água e especiarias. No ano de 1861, na Suíça, o chocolate começou a ser vendido na forma de barras (BECKETT, 1994). As barras de chocolate podem ser definidas como partículas de cacau, leite e açúcar dispersas em uma fase gordurosa contínua, composta por manteiga de cacau e gordura do leite (LUCCAS, 2001).

No entanto, a composição do chocolate é variável de acordo com o gosto da população e da legislação. Esta última determina a porcentagem de cacau e sólidos do leite, quantidade e tipos de gordura permitidos para formar o chocolate (MARTIN, 1994). De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA),

o chocolate é o produto resultante da mistura de, no mínimo, 25 % de sólidos totais de cacau (*Theobromacacao*L.) com outros ingredientes. Sólidos totais são os derivados do cacau como a massa de cacau, cacau em pó e a manteiga de cacau. Por sua vez, o chocolate branco é obtido a partir da mistura de, no mínimo 20 % de sólidos totais de manteiga de cacau com outros ingredientes. Estes produtos podem apresentar recheio, cobertura, formato e consistência variados.” (BRASIL, 2005).

Os ingredientes mais utilizados na formulação das barras de chocolate são: massa de cacau, manteiga de cacau, açúcar, leite em pó, gordura de leite, soro de leite em pó, lactose, lecitina e aroma. Sendo que, a manteiga de cacau é responsável pela fusão na boca, desprendimento de sabor e aroma, brilho e contração durante o desmolde (MARTINS, 2007).

O chocolate possui duas principais características: o sabor e a textura. Embora existam diferentes tipos de chocolate, estes devem apresentar sabor agradável que será facilmente

identificado e relacionado com o produto. Uma das principais características de textura, é que ele deve ser sólido à temperatura ambiente (20 °C– 25 °C) e derreter rapidamente na boca, em temperatura próxima à temperatura corpórea (BECKETT, 2009).

### **3.1.1 Manteiga de cacau**

Nas formulações de chocolate, a manteiga pode constituir mais de 30% da composição. Esta representa a fase contínua responsável pela dispersão de outros ingredientes como açúcar, leite e sólidos de cacau (GUNNERDAL, 1994; LIPP e ANKLAM, 1998).

A manteiga é composta em, aproximadamente, 98% de triacilgliceróis (QUAST et al, 2011). Luccas (2001) estudou a composição de ácidos graxos da manteiga de cacau e obteve 23,3% em ácido palmítico, 34,0% em ácido esteárico e 36,8% em ácido oleico, sendo estes os três principais constituintes.

Atualmente, vêm se estudando novas formulações de chocolate utilizando gorduras substitutas à manteiga de cacau. Porém, as legislações brasileira e européia permitem a adição de, apenas, 5% da composição total, de outras gorduras vegetais (Brasil, 2005; European Counsil, 2000).

### **3.1.2 Açúcares**

A sacarose é responsável pelo sabor doce e agente de corpo nos produtos. Em produtos de confeitaria, a sacarose é utilizada devido suas características de solubilidade e cristalização, podendo ser combinado com outros açúcares como o xarope de glicose (MINIFIE, 1983), que por sua vez, aumenta a viscosidade, a higroscopicidade, controlam a cristalização e possuem boas propriedades de brilho e textura (JEFFERY, 1993). Os açúcares são, de maneira geral, hidrofílicos em razão dos terminais polares de sua molécula (JAYA & DAS, 2004).

### **3.1.3 Leite em pó**

O leite em pó aumenta o valor nutritivo, confere características de viscosidade e textura e contribui para o aumento da vida de prateleira por reduzir a umidade dos produtos (CHARLEY; WEAVER, 1998). O seu conteúdo de matéria graxa é o fator determinante para a classificação: integral (maior de 26% de gordura), parcialmente desnatado (1,5 - 25,9% de gordura) e desnatado (menor que 1,5% de gordura) (ENGETECNO,1996).

### **3.1.4 Processo de produção do chocolate**

O processo de produção do chocolate começa pela extração das amêndoas do fruto do cacau. A seguir, acontece a fermentação das amêndoas, esta etapa define a cor do produto final, e libera a teobromina (substância estimulante). Após a fermentação, as amêndoas passam pelo processo de secagem, onde o teor de umidade é reduzido de, aproximadamente, 50% para 6%. Na sequência, ocorre a torrefação, responsável por reduzir os ácidos voláteis indesejáveis (como o acético), inativar enzimas responsáveis pela degradação da manteiga de cacau, e desenvolver cor e aroma característicos de chocolate (MARTINS, 2007). Após, se dá a remoção da casca, para então as amêndoas serem moídas formando a massa de cacau que possui, aproximadamente, 54% de gordura (LANNES, 1997).

O passo seguinte é a mistura dos ingredientes. Este processo deve ser feito a 40 °C garantindo que a manteiga esteja completamente fundida para que se obtenha uma mistura homogênea (MARTINS, 2007).

O refino é responsável por diminuir as partículas e torná-las imperceptível durante o consumo. A conchagem é o processo de homogeneização da massa por cisalhamento, onde eliminam-se compostos voláteis residuais da fermentação, desenvolvendo o sabor desejável do chocolate (MARTINS, 2007). Ao final da conchagem, tem-se a composição final do chocolate, contendo umidade inferior a 2% (LUCCAS, 2001).

A temperagem tem papel extremamente importante nas características do chocolate. É o processo responsável pela cristalização da manteiga de cacau, que determina o ponto de fusão, brilho e quebra à temperatura ambiente. Consiste na agitação por tempo e temperaturas adequadas para a formação de cristais estáveis da manteiga. Inicialmente, a agitação é feita por volta de 40 – 50 °C, e então é resfriado (lentamente) a, aproximadamente, 28 °C, induzindo a cristalização. Logo é aquecido novamente a 30 – 32 °C para derreter os cristais instáveis e formar cristais estáveis. O chocolate é depositado em moldes e resfriado até 18 °C

para desenvolver os cristais e formar uma massa brilhante e homogênea (BRIGGS, WANG, 2004; QUAST et al, 2007).

O produto deve ser acondicionado nas embalagens e selados a frio, diminuindo a perda por derretimento. Após ser embalado, o chocolate deve ser armazenado em umidade relativa de 65 % e temperatura entre 20 °C e 22 °C (MARTINS, 2007).

### **3.1.5 Estabilidade do chocolate**

A perda de qualidade do chocolate está relacionada ao polimorfismo da manteiga (GUNNERDAL, 1994; LIPP e ANKLAM, 1998), à sorção de odores do ambiente ou da embalagem, danos mecânicos, alteração de umidade e exposição do chocolate ao calor (MARTINS, 2007). Dos defeitos citados, o polimorfismo é um problema que se inicia no processamento, enquanto os demais, normalmente, dizem respeito a problemas de armazenamento.

A manteiga de cacau durante o processamento pode resultar em seis diferentes formas de cristais, polimorfismo, algumas mais estáveis que as outras. O polimorfismo é um dos defeitos mais estudados na literatura e causa o chamado de *fatbloom*, que resulta na migração da manteiga para a superfície do chocolate e muda as características sensoriais e propriedades físicas do chocolate. Estudos sobre o polimorfismo da manteiga de cacau são, em geral, realizados por Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) e Difração de Raio-X em função da temperatura (XRDT) (LOISEL et al., 1998). Na Tabela 1 são apresentadas as formas cristalinas e seus respectivos pontos de fusão, segundo a literatura.

A forma cristalina V ou I são as formas menos estáveis, resultando em menor ponto de fusão, e é a primeira forma a ser produzida. Após aquecimento lento, passa pelas formas II, III e IV para finalmente chegar na forma V que é a mais estável (CHAPMAN, 1971 ) e é, também a mais desejada para os chocolates devido ao seu alto ponto de fusão. Segundo WILLE e LUTTON (1966), a transformação da forma V para a forma VI, diferentemente das outras, acontece em estado sólido e pode levar até 4 meses para que ocorra, podendo ser acelerada pela variação de temperatura durante o armazenamento.



Tabela 1 - Nomenclaturas e formas cristalinas da manteiga de cacau e seus respectivos pontos de fusão (°C)

<b>Duck (1964)</b>	<b>Wille e Lutton (1966)</b>	<b>Huyghebaert e Hendrickx (1971)</b>	<b>Chapman (1971)</b>	<b>Merkens e Vaeck (1980)</b>	<b>Davis e Dimick (1986), citados por (1971) Loisel et al. (1998)</b>
$\gamma$ - 18,0	I – 17,3	I - 14,9-16,1		$\gamma$ - 16,0- 18,0	I – 13,1
$\alpha$ - 23,5	II – 23,3	II - 17,0-23,2		$\alpha$ - 20,7-24,2	II – 17,7
$\beta''$ - 28,0	III – 25,5	III - 22,8-27,1	III – 20,7		III – 22,4
$\beta'$ - 33,0	IV – 27,5	IV - 25,1-27,4	IV – 25,6	$\beta'$ - 26,0- 28,0	IV – 26,4
$\beta$ - 34,4	V – 33,9	V - 31,3-33,2	V – 30,8	$\beta$ - 33,7-34,9	V – 30,7
	VI – 36,3	VI – 34,9	VI – 32,3		VI – 33,8

Fonte: LOISEL et al. (1998)

A adição de gordura do leite em formulações de chocolate ajuda a evitar o *fatbloom* (TIMMS, 2003), que é um defeito que causa aparência esbranquiçada aos chocolates causado pela recristalização dos lipídios que migram para a superfície do mesmo (LONCHAMPT e HARTEL, 2006). Porém, esta gordura pode causar o efeito eutético, ou seja, algumas dessas composições apresentam pontos de fusão menores do que formulações com gorduras puras. Isto pode ser um problema para produtos produzidos e/ou distribuídos em climas tropicais. No chocolate ao leite, o efeito eutético é ocasionado pela incompatibilidade dos triacilgliceróis de médio ponto de fusão da gordura do leite com os triacilgliceróis simétricos da manteiga de cacau (MARANGONI, 2002).

Além do polimorfismo, a variação da temperatura durante o armazenamento pode causar outros efeitos bastante significativos na perda de qualidade. A temperatura de fusão da forma mais estável do chocolate está em torno de 37 °C, sendo essa temperatura facilmente alcançada durante o transporte e armazenagem em muitas regiões do país. A elevação da temperatura acima da temperatura de fusão da manteiga de cacau, ou outros lipídeos que compõem o chocolate, pode resultar em perda de formato, adesão à embalagem, união das peças do produto (comum em biscoitos cobertos de chocolate), derretimento do chocolate nas mãos, sendo considerados inconvenientes desagradáveis pelo consumidor (BECKETT, 2008). No entanto, alternativas para solucionar esses problemas são escassas na literatura.

Algumas formas de reduzir esses problemas incluem a aplicação de um *coating* comestível transparente ou a troca da manteiga de cacau utilizada na formulação do chocolate por outros tipos de lipídeos (BECKETT, 2008), mas, segundo as legislações brasileira e europeia, outras gorduras podem ser adicionadas em, no máximo, 5% da composição total do chocolate (Brasil, 2005; European Council, 2000).

### 3.2 COATING

As embalagens comestíveis são compostas de macromoléculas de origem vegetal ou animal, e podem estar presentes na forma de filme ou *coating*, sendo os últimos utilizados como cobertura em alimentos (FONSECA, 2009).

Na maioria das vezes, os termos filmes e *coating* comestíveis são usados indistintamente para dizer que o alimento está coberto com material de fina camada com uma determinada composição. Porém, um filme pode ser diferenciado de um revestimento pela sua formação; enquanto o filme é formado separadamente do produto e depois aplicado sobre ele, o *coating* é aplicado e formado diretamente sobre a superfície do alimento (EMBUSCADO; HUBER, 2009). Por esse motivo, o estudo da superfície a qual o *coating* será aderido é essencial para a escolha da formulação de *coating*.

O *coating*, após estar seco, forma uma fina camada, feita de material orgânico, aplicado (na forma de suspensão ou emulsão), podem reduzir danos físicos e microbiológicos (KROCHTA; MULDER-JOHNSTON, 1997) e apresentam potencial para controlar a transferência de massa e melhorar características dos alimentos (VILLADIEGO *et al.*, 2005).

#### 3.2.1 Composição de *coatings*

De maneira geral, os revestimentos são classificados em três diferentes grupos, de acordo com a sua composição: hidrocoloidais, lipídicos e compostos (VILLADIEGO *et al.*, 2005).

Os hidrocoloidais são feitos à base de proteínas e polissacarídeos, apresentam baixa permeabilidade a gases e lipídeos, e alta permeabilidade ao vapor de água. Os lipídicos, como o nome já diz, são feitos com lipídeos, e possuem baixa permeabilidade a gases e ao vapor de água. Os compostos são feitos a partir de uma mistura de hidrocolóides e de lipídeos

(KROCHTA; BALDWIN; NISPEROS-CARRIEDO, 1994), e para obter uma emulsão estável outros agentes devem ser inseridos à formulação.

*Coating* de hidrocolóides são produzidos a partir de proteínas (colágeno, glúten, gelatina, etc.) ou polissacarídeos (amidos, gomas, etc.) (FONSECA, 2009). Geralmente são usados quando o controle à permeabilidade ao vapor de água não é necessário. Este tipo de *coating* pode ser aplicado a produtos frágeis quando o objetivo é melhorar a integridade estrutural, uma vez que possui propriedades mecânicas satisfatórias. Além disso, os revestimentos produzidos com polissacarídeos possuem boa solubilidade em água, são adequados para situações em que o revestimento será consumido juntamente com o produto (KROCHTA; BALDWIN; NISPEROS-CARRIEDO, 1994).

Exemplos de *coating* à base de carboidratos são aqueles produzidos por amido, amido modificado ou gomas vegetais (pectina, gelana, carragena, arábica, alginato). Filmes à base de proteínas podem ser produzidos com gelatina, caseína, proteína do soro do leite (KROCHTA; BALDWIN; NISPEROS-CARRIEDO, 1994).

As gomas são polissacarídeos formadores de géis, solúveis em água ou em outros solventes (orgânicos ou inorgânicos) (SKURTYS, O., et al., 2010). Dentre as gomas, a arábica é obtida a partir do tronco das árvores *Acacia senegal* (L.) e *Acacia seyal* (DOI et al., 2006). Uma de suas aplicações é para o encapsulamento, devido à sua capacidade emulsificante, é bastante solúvel em água e possui baixa viscosidade frente a outras gomas podendo produzir *coatings* relativamente finos e imperceptíveis (Gabas, A., et al., 2007). Ela age também como estabilizante e espessante (Ali, B.H., A. Ziada; G. Blunden, 2009). Essas características fazem com que a goma arábica possua alta aplicação na indústria de bebidas, confeitaria, pastilhas, biscoitos e laticínios (BARAY, 2009).

Além disso, a goma arábica é um excelente estabilizador de emulsões de óleo em água, possui compatibilidade com altas concentrações de açúcar, previne a cristalização da sacarose e quando misturada ao chocolate ajuda a prevenir o *fatbloom*, sua capacidade emulsificante evita que a gordura migre para a superfície (DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R., 2010). Segundo Beckett (2008), a goma arábica é utilizada como um pré-polimento na fabricação de drágeas, antes de receberem o revestimento de goma laca.

Os *coatings* lipídicos possuem melhor barreira ao vapor de água do que aqueles que usam exclusivamente hidrocolóides, por isso, reduzem a perda de massa do alimento que recebeu o recobrimento. Logo, os *coatings* compostos combinam as vantagens de cada um e

reduzem as desvantagens se complementando (KROCHTA; BALDWIN; NISPEROS-CARRIEDO, 1994).

### **3.2.2 Aplicação de *coating* em superfícies**

Para os revestimentos, a indústria de alimentos utiliza diferentes métodos de aplicação. São exemplos a pulverização e a imersão seguida de secagem (DEBEAUFORT; QUEZADAGALLO; VOILLEY, 1998).

A pulverização consiste em aspergir a solução sobre a superfície do produto e possibilita a obtenção de um revestimento mais fino e uniforme, quando comparado à imersão. Ele é mais utilizado quando é necessário aplicar o revestimento em apenas um dos lados do produto (FONSECA, 2009). Enquanto que, a imersão consiste em imergir o produto em solução ou emulsão e é bastante utilizado para superfícies irregulares ou quando várias camadas são necessárias. Após a imersão, o excesso é retirado e então o produto passa por secagem ou é deixado em repouso para solidificar (KROCHTA; BALDWIN; NISPEROS-CARRIEDO, 1994).

### **3.2.3 *Coating* para chocolates**

A alternativa de *coating* (revestimento comestível) em chocolates ainda é pouco estudada, sendo que alguns autores relatam que estes devem ser transparentes, e na maioria das vezes é feito à base de açúcar. Este *coating* deve resultar em uma aparência brilhante, a qual evita que o chocolate derreta nas mãos (BECKETT, 2008).

A empresa MANTROSE-HAEUSER CO. INC. é especializada no desenvolvimento de recobrimentos comestíveis para produtos de diferentes ramos. Esta possui patente de revestimentos para chocolate de diferentes composições. De maneira geral, os recobrimentos têm como agentes formadores de filme: gomas, derivados de celulose, gelatina, amido, entre outros. Como solvente são utilizados água, etanol e isopropanol, ou combinação destes (MANTROSE-HAEUSER CO. INC.,).

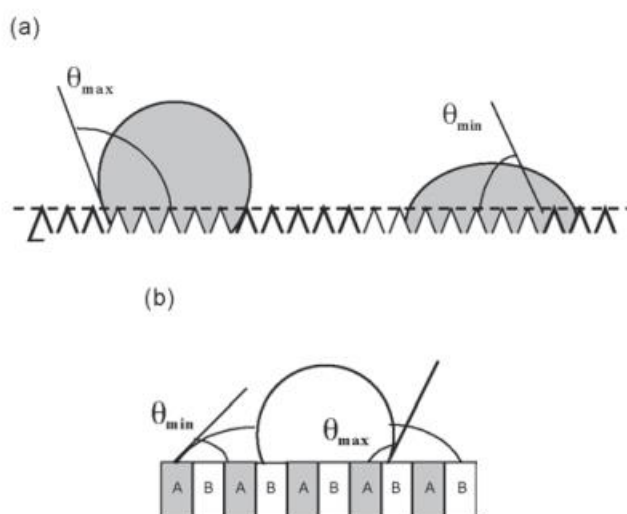
Segundo Lee, Dangaran, Krochta (2002), a goma laca é bastante utilizada e eficiente em drageados de chocolate conferindo brilho e proteção contra umidade, mas esta goma é solubilizada apenas em etanol e isopropanol. Estes solventes podem migrar para a gordura do

chocolate desenvolvendo sabor amargo desagradável. Além disso, álcool produz compostos orgânicos voláteis que são prejudiciais ao meio ambiente.

No entanto, a determinação de um material para *coating* de um produto nem sempre é uma escolha fácil. A formulação que compõe o *coating* deve aderir ao produto e produzir os efeitos tecnológicos requeridos. Além disso, a remoção do solvente que compõe o material de *coating* para chocolate é uma etapa crítica, pois o chocolate não permite altas temperaturas para a secagem do *coating*, devido à reduzida temperatura de fusão do chocolate, o que pode resultar em longos tempos de secagem. Ainda, o solvente não deve interagir com o produto de forma que modifique suas características próprias.

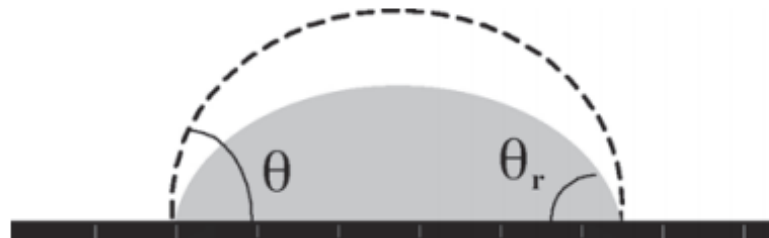
Uma análise que auxilia na escolha de um *coating* adequado é a molhabilidade da solução/emulsão sobre o produto a ser recoberto. A molhabilidade representa, de forma macroscópica, a interação molecular entre sólidos e líquidos na interface, quando eles estão em contato. As forças coesivas fazem com que as moléculas do líquido interajam entre si, tendendo a mantê-lo na forma de gota esférica. Enquanto, as forças adesivas representam a tendência do líquido a se espalhar sobre o sólido (BERG, 1993). A molhabilidade mensura a diferença entre essas forças. A rugosidade e a heterogeneidade do sólido podem afetar a molhabilidade do líquido no sólido (J. Long, M. N. Hyder, R. Y. M. Huang, P. Chen, 2005). Enquanto que a evaporação do líquido com o passar do tempo também pode causar essa variação no ângulo de contato (LUZ; RIBEIRO; PANDOLFELLI, 2008)

Figura 1 - Esquema ilustrativo de fatores que podem afetar a molhabilidade a) rugosidade b) heterogeneidade química da superfície.



Fonte: N. Sobczak, M. Singh, R. Asthana, 2006.

Figura 2 - Esquema ilustrativo representando a mudança de ângulo de contato pela evaporação do líquido.



Fonte: N. Sobczak, M. Singh, R. Asthana, 2006.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAIS

Os chocolates utilizados neste estudo foram adquiridos no município de São José, SC, na forma de mini tabletes (5 g/unidade) da marca Cacau Show (Itapevi, São Paulo, Brasil), em diferentes concentrações de cacau, bem como apresentado na Tabela 2.

A goma arábica foi doada pela empresa Wifa Ingredientes localizada em Palhoça, SC.

O xarope de glicose (Arcólor, SP, Brasil) foi adquirido no município de São José - SC

Tabela 2 - Amostras de chocolate e seus respectivos ingredientes

<b>Amostra de chocolate</b>	<b>Ingredientes</b>
Branco	Açúcar, manteiga de cacau, leite integral em pó, soro de leite em pó, emulsificantes lecitina de soja e ésteres de ácido ricinoléico interesterificado com poliglicerol, extrato de malte e aromatizante
28% de sólidos de cacau	Açúcar, leite integral em pó, manteiga de cacau, massa de cacau, emulsificantes lecitina de soja e ésteres de ácido ricinoleico interesterificado com poliglicerol e aromatizante.
34% de sólidos de cacau	Açúcar, manteiga de cacau, massa de cacau, leite integral em pó, emulsificantes lecitina de soja e ésteres de ácido ricinoleico interesterificado com poliglicerol e aromatizante.
41% de sólidos de cacau	Açúcar, massa de cacau, manteiga de cacau, leite integral em pó, emulsificantes lecitina de soja, ésteres de ácido ricinoleico interesterificado com poliglicerol e aromatizante.
55% de sólidos de cacau	Açúcar, massa de cacau, manteiga de cacau, emulsificante lecitina de soja e aromatizante.
70% de sólidos de cacau	Massa de cacau, açúcar, manteiga de cacau, cacau em pó, emulsificante lecitina de soja e aromatizante.
85% de sólidos de cacau	Massa de cacau, cacau em pó, emulsificante lecitina de soja e aromatizante.

Fonte: Autor, 2018.

## 4.2 MÉTODOS

### 4.2.1 Estereoscopias ópticas

Estereoscopias foram obtidas para analisar a homogeneidade da matriz de chocolate. As amostras foram fraturadas manualmente e então avaliadas em estereoscópio óptico (Meiji, Modelo – RZ, Japão) por meio das imagens capturadas em câmera microscópica (OptiCam, Modelo – OPT 10000, Brasil) e analisadas utilizando *software* TSview (Tucsen, V, 7.3.1.7, China)

### 4.2.2 Ângulo de Contato e Energia Livre Superficial dos chocolates

Para o cálculo da energia livre superficial dos diferentes chocolates, foram obtidos os ângulos de contato, pelo método da gota séssil, utilizando um goniômetro Ramé-Hart (modelo 250, Succasunna, EUA) no laboratório Central de Análises do departamento de Engenharia Química e de Alimentos da UFSC. Os mini tabletes de chocolate foram colocados sobre a superfície plana do equipamento e então foram depositadas, separadamente, gotas de 10µL dos líquidos padrões (água deionizada, formamida e diiodometano) na superfície das amostras utilizando uma micropipeta Eppendorf. A partir da câmera integrada ao equipamento, o ângulo de contato foi obtido com a imagem digitalizada de cada gota, pela média dos ângulos, esquerdo e direito, utilizando o programa Ramé-Hart DROPimageAdvanced (Succasunna, EUA), os dados de ângulo de contato foram obtidos, para cada gota, por 10 segundos, medindo segundo a segundo. Em cada chocolate foram realizadas no mínimo três medidas, para replicata técnica, e triplicata real foram obtidas.

As componentes de energia livre superficial (polar e dispersiva) em relação ao ângulo de contato podem ser calculadas segundo o modelo de Owens e Wendt (1969), equação (1):

$$\gamma_L(1 + \cos\theta) = 2\left(\sqrt{\gamma_S^d \gamma_L^d} + \sqrt{\gamma_S^p \gamma_L^p}\right) \quad (1)$$

Sendo:  $\gamma$  a energia livre superficial, os subscritos S: Superfície e L: líquido, e os sobrescritos são referentes às componentes d: dispersiva e p: polar.



Seguindo o mesmo modelo, para calcular as componentes da energia livre superficial, utilizando água (A) e diiodometano (D), são empregadas as seguintes equações:

$$\gamma_A (1 + \cos\theta) = 2 \left( \sqrt{\gamma_S^d \gamma_A^d} + \sqrt{\gamma_S^p \gamma_A^p} \right) \quad (2)$$

$$\gamma_D (1 + \cos\theta) = 2 \left( \sqrt{\gamma_S^d \gamma_D^d} + \sqrt{\gamma_S^p \gamma_D^p} \right) \quad (3)$$

Este modelo, considera que o sólido é ideal, ou seja, perfeitamente homogêneo. Desta maneira, o uso do método pode acarretar em erros, uma vez que o chocolate não é perfeitamente homogêneo.

#### 4.2.3 Calorimetria Diferencial de Varredura dos chocolates

Amostras dos sete diferentes tipos de chocolates foram avaliadas em DSC Perkin-Elmer-Jade (Massachusetts, USA), previamente calibrado com índio e zinco, com a finalidade de identificar as mudanças de fase ocorridas no chocolate com a variação de temperatura. Alíquotas, de aproximadamente 8 mg de amostra, foram fechadas em cápsula de alumínio. Nitrogênio foi utilizado como gás de arraste, com vazão de 20 mL/min. Uma rampa de temperatura foi aplicada de 0°C a 65°C, com velocidade de aquecimento de 5 °C/min. Os resultados foram analisados no *software Pyris DSC*.

#### 4.2.4 Preparo dos *Coatings*

Foram preparadas quatro diferentes formulações de *coatings* nas proporções apresentadas na Tabela 3. O xarope de glicose (Arcólor, SP, Brasil) e o glicerol P.A (Neon, SP, Brasil) foram diluídos em água e misturados por agitação magnética. Na sequência, goma arábica foi adicionada lentamente e a agitação foi mantida por 20 minutos para completa solubilização. Nas emulsões (GO e GEO), o ácido oléico P.A (Alphatec) e o tween 80 (Labsynth, SP, Brasil) foram adicionados e agitados por mais 3 minutos.

Nas formulações com etanol 99,8% P.A (Neon, SP, Brasil), nas soluções G e GE, esse solvente foi adicionado e misturado por X minutos em frasco fechado.

Todas as misturas foram agitadas em Ultra-Turrax (IKA, Modelo - T 25 Digital) a 11.000 rpm por 3 minutos. Para a remoção das bolhas de ar, foi utilizado um ultrasson (Unique, Modelo – MaxiClean 1400A) por 25 minutos.

A aplicação do *coating* nos chocolates foi realizada por imersão da amostra na mistura por 15 segundos. Para retirar o excesso de solução/emulsão, a amostra foi suspensa até que cessasse o gotejamento.

Tabela 3 – Formulações utilizadas na preparação dos *coatings*.

	<b>G</b>	<b>GE</b>	<b>GO</b>	<b>GEO</b>
<b>Goma arábica (m/m)</b>	20%	20%	20%	20%
<b>Glicerol (m/m)</b>	2%	2%	2%	2%
<b>Xarope de glucose (m/m)</b>	2%	2%	2%	2%
<b>Água Deionizada (m/m)</b>	76%	53,2%	76%	53,2%
<b>Etanol (m/m)</b>	-	22,8%	-	22,8%
<b>Ácido oléico (m/m)</b>	-	-	3% *	3% *
<b>Tween 80 (m/m)</b>	-	-	1% *	1% *

\* Porcentagem da massa total, antes da adição destes ingredientes

Fonte: Autor, 2018.

#### 4.2.5 Molhabilidade dos *coatings* nos chocolates

A molhabilidade dos *coatings* nas amostras de chocolate (branco, 41% e 85%) foi realizada pelo método da gota séssil. Uma gota de cada solução/emulsão foi depositada sobre a amostra e o ângulo de contato foi medido a cada segundo por 5 minutos, com o auxílio de um goniômetro Ramé-Hart (modelo 250, Succasunna, EUA). A análise foi feita em triplicata de gota e triplicata de amostra.

#### 4.2.6 Cinética de secagem

Os recobrimentos foram aplicados nas amostras, branco, 41%, 85% de cacau e as secagens foram realizadas utilizando fluxo de ar de 0,87 m/s à temperatura ambiente. A perda de massa foi acompanhada em balança de precisão em tempos pré-determinados até massa constante (0, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 150 minutos).

#### 4.2.7 Umidade

A umidade da mistura que compõe o *coating* foi obtida em analisador de umidade (CEM, Smart Turbo).

Os teores de umidade das amostras de chocolate (sem *coating*) e, *coating* com GEO e *coating* com GO, foram determinados por método gravimétrico, pesando-se aproximadamente 2 gramas de amostra em cadinhos de alumínio que foram colocados em estufa à vácuo (Tecnal, TE-395) na temperatura de 70 °C até massa constante.

#### 4.2.8 Cor

A análise de cor foi conduzida a partir de imagens das amostras controle (sem *coating*), *coating* com GEO e *coating* com GO, obtidas com câmera fotográfica profissional (Nikon D5500, Nikon Corporation, Japão). O tratamento de dados foi realizado com o *software* ImageJ v. 1.6.0 (National Institutes of Health, Bethesda, MD, EUA). As imagens foram convertidas para a escala CieLAB e os 3 parâmetros de cor: L\*, a\* e b\* foram obtidos. O parâmetro L\* representa a luminosidade da amostra e varia de branco (L\*=100) a preto (L\*=0), enquanto que a\* varia da região do vermelho (+a\*) ao verde (-a\*) e, por fim, b\* indica a região do amarelo (+b\*) ao azul (-b\*).

#### 4.2.9 Resistência à perfuração dos chocolates

A resistência à perfuração das amostras foi realizada em texturômetro (TA-XT2i, Stable Micro Systems), equipado com célula de carga de 25 kg e sonda metálica de 2 mm. A velocidade de teste foi de 1 mm/s em uma distância de 1 mm (20% da espessura da amostra) foi perfurada. Foram obtidos dados de força máxima (N) que indicam a resistência à

perfuração. O módulo elástico da amostra foi medido na zona linear do gráfico Força vs Deslocamento. A área abaixo da curva foi calculada para fins de associação com a dureza do material.

#### **4.2.10 Termografias dos chocolates quando submetidos ao aquecimento**

As amostras (branco, 41% e 85%) controle (sem *coating*), *coating* com GEO e *coating* com GO, foram posicionadas sobre uma placa de alumínio, aquecida internamente por um banho-maria, que permite o controle de temperatura da superfície da placa. A temperatura superficial da placa foi de 50 °C, temperatura superior às temperaturas de fusão dos chocolates. As imagens termográficas foram obtidas com uma câmera termográfica (Flir, 360, cidade, estado, país), na qual foram registradas imagens a cada minuto durante 9 minutos.

#### **4.2.11 Análise sensorial – Comparação pareada**

Foram preparadas amostras (branco, 41% e 85%) sem *coating* e com *coating* de GEO, para análise sensorial de comparação pareada. A análise foi conduzida com 20 julgadores, que receberam os pares de amostras separadamente. Os julgadores primeiro avaliaram a intensidade de brilho, e depois foram instruídos a segurar entre os dedos indicador e o polegar de uma das mãos uma amostra sem *coating* e na outra uma amostra com *coating*, para avaliar a sujidade das mãos após decorridos 2 minutos. A temperatura das mãos dos avaliadores foi medida com termômetro de infravermelho.

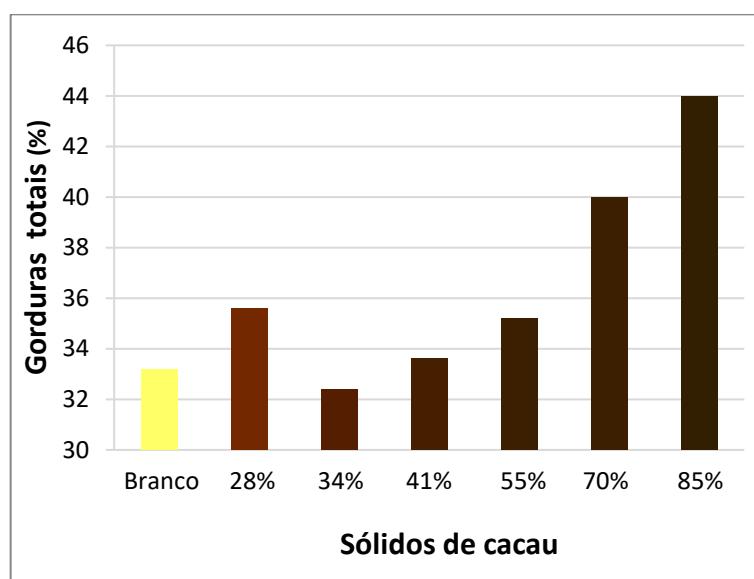
#### **4.2.12 Análise estatística**

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa Statistica 10.0 (Statsoft Inc., EUA) com análise de variância ANOVA. Utilizando o teste de Tukey com 5% de significância.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os chocolates analisados apresentam diferentes concentrações de sólidos de cacau e diferentes ingredientes em sua composição. Na Figura 3 são apresentados os dados de sólidos de cacau e gorduras totais informados nas embalagens dos produtos.

Figura 3 - Dados de sólidos de cacau e porcentagem de gordura total informados na embalagem.



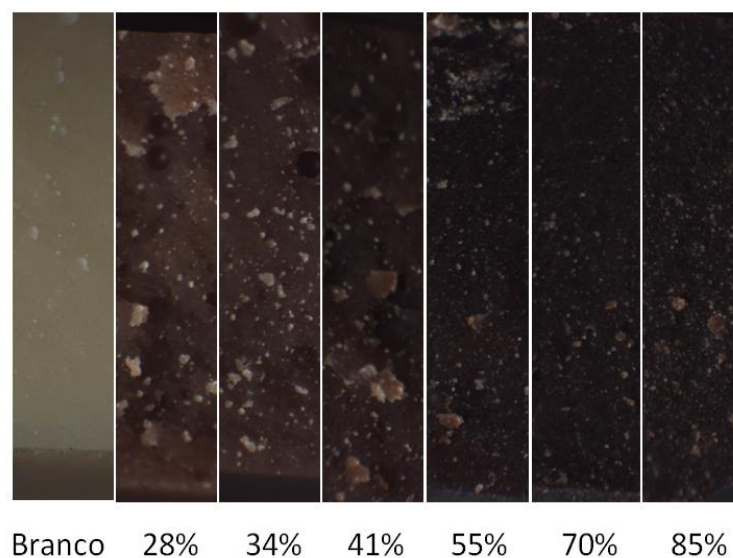
Fonte: Autor, 2018.

### 5.1 ESTEREOSCOPIAS ÓPTICAS

Uma análise prévia dos chocolates foi feita por meio de estereoscopias, onde a heterogeneidade da matriz foi percebida visualmente, como mostrada na Figura 4.

Glicerina et al. (2016) estudando as microestruturas dos chocolates branco, ao leite e amargo, observou que existe diferença na estrutura dos diferentes chocolates e que estas dependem da composição. Sendo que o chocolate branco, que continha maior quantidade de gordura, apresentou partículas menores e maior espaços entre elas enquanto que o chocolate amargo apresentou partículas maiores e menor espaço entre elas. O mesmo foi observado neste trabalho, ainda que as amostras de chocolate branco não possuíam maior quantidade de gordura, demonstrando que os outros ingredientes também apresentam influência.

Figura 4 – Estereoscopias das fraturas dos diferentes chocolates



Fonte: Autor, 2018.

## 5.2 ESTUDOS PRELIMINARES

Foram testadas diferentes formulações de coatings até que se encontrou uma adequada. O Quadro 1 apresenta as formulações testadas mas que não obtiveram sucesso para esta finalidade.

Quadro 1 – Formulações testadas sem sucesso para aplicação em chocolates

Composição	Problema
Emulsão de cera de carnaúba e ácido oleico	Opaca e bastante aparente
Solução de amido	Não secou e umedeceu o chocolate
Solução de gelatina, glicerol e Tween 80	Não aderiu
Solução de gelatina, <u>sacarose, ácido oleico, xarope de glicose e Tween 80</u>	Gelificou antes as aplicação
Solução de colágeno hidrolisado, <u>sacarose, ácido oleico, xarope de glicose e Tween 80</u>	Precipitou antes da aplicação
Goma arábica, glicerol, cera de abelha e Tween 80	Presença de grânulos
Goma arábica, glicerol, cera de abelha e Tween 80, agitado em ultrasson	Não aderiu
Goma arábica solubilizada com água e álcool etílico	Não aderiu no chocolate branco

Fonte: Autor, 2018.

### 5.3 ÂNGULO DE CONTATO E ENERGIA LIVRE SUPERFICIAL

Na Tabela 4 são apresentados os ângulos de contato obtidos entre o chocolate e os líquidos padrões, água, formamida e diiodometano. Neste estudo, para a maior parte das amostras, os ângulos de contato obtidos foram maiores do que 65° e aumentaram com o aumento da concentração de gordura nas amostras. Segundo Vogler (1998), ângulos de contato entre a superfície e a água maiores que 65°, a superfície é considerada hidrofóbica. Porém, para Burkarter (2006), quando o ângulo de contato com a água é menor que 90°, o material é considerado hidrofílico e quando é maior que 90°, é considerado hidrofóbico. Logo, a análise de Energia Livre Superficial se faz necessária para se ter uma resposta. Chocolates com até 55% de cacau apresentam como principal componente da mistura o açúcar, o que aumenta a hidrofiliabilidade destas superfícies e também sua heterogeneidade.

Na Tabela 5 são mostrados os valores obtidos de energia livre superficial e suas componentes, dispersiva e polar, os quais foram obtidos a partir dos ângulos de contato (Tabela 3) e o modelo de Owens e Wendt (1969). O chocolate, como mencionado anteriormente, possui uma estrutura complexa e uma superfície rugosa dependente dos ingredientes, moldes usados na fabricação e parâmetros de armazenamento (BRIONES; AGUILERA; BROWN, 2006). Essa superfície pode acarretar em valores de ângulo de contato menores do que os esperados, uma vez que o modelo de Owens e Wendt (1969) é baseado na hipótese de que a superfície é ideal, ou seja, livre de rugosidade. Sendo assim, os resultados foram explorados de forma intensiva para reduzir o erro, o que proporcionou desvios-padrão muito baixos.

As componentes polares das amostras apresentaram valores menores do que as componentes dispersivas, isto identifica os chocolates como superfícies com caráter hidrofóbico. Desta forma, para uma melhor adesão entre o chocolate e o *coating*, este deve, também, apresentar caráter hidrofóbico.

Tabela 4 - Ângulo de contato dos líquidos padrões e as amostras de chocolate.

<b>Chocolate</b>	<b>Água</b>	<b>Formamida</b>	<b>Diiodometano</b>
34%	66,06 ± 0,69 <sup>ab</sup>	22,68 ± 0,15 <sup>a</sup>	22,71 ± 1,71 <sup>a</sup>
Branco	63,23 ± 3,59 <sup>b</sup>	22,26 ± 0,11 <sup>a</sup>	21,92 ± 0,17 <sup>a</sup>
41%	67,45 ± 0,32 <sup>a</sup>	22,94 ± 0,84 <sup>a</sup>	21,58 ± 0,40 <sup>a</sup>
55%	68,40 ± 0,28 <sup>a</sup>	24,21 ± 0,32 <sup>ab</sup>	21,40 ± 0,36 <sup>a</sup>
28%	69,34 ± 0,23 <sup>ac</sup>	22,31 ± 0,17 <sup>b</sup>	21,21 ± 1,22 <sup>a</sup>
70%	72,69 ± 0,66 <sup>c</sup>	28,08 ± 0,63 <sup>c</sup>	20,22 ± 3,09 <sup>a</sup>
85%	77,30 ± 0,46 <sup>d</sup>	30,37 ± 0,54 <sup>d</sup>	17,73 ± 3,85 <sup>a</sup>

<sup>a-d</sup>-Valores na mesma coluna com letras diferentes indicam diferença significativa (p < 0,05).

Fonte: Autor, 2018.

Tabela 5 - Energia Livre Superficial e suas componentes para o chocolate pelo modelo de Owens e Wendt.

<b>Chocolate</b>	<b>Energia Livre Superficial (mN/m)</b>	<b>Componente Dispersiva (mN/m)</b>	<b>Componente Polar (mN/m)</b>
Branco	56,04 ± 0,09	47,30 ± 0,32	8,74 ± 0,23
28%	56,13 ± 0,32	47,90 ± 0,92	8,24 ± 0,63
34%	55,88 ± 0,19	47,20 ± 0,52	8,68 ± 0,34
41%	55,69 ± 0,14	47,46 ± 0,20	8,23 ± 0,34
55%	55,45 ± 0,52	48,04 ± 0,27	7,42 ± 0,26
70%	55,29 ± 0,17	49,32 ± 0,78	5,97 ± 0,60
85%	54,22 ± 0,14	48,87 ± 0,44	5,44 ± 0,29

Fonte: Autor, 2018.

Fenômenos de superfície têm recebido grande atenção, devido à elevada aplicabilidade desses resultados para diversas áreas da tecnologia. A compreensão da superfície do chocolate pode ser usada não somente para a escolha de *coating*, como foi o objetivo nesse trabalho, mas também para fins como recobrimento de outros produtos com chocolates (exemplo: biscoitos), no desmolde e até mesmo para a compreensão da limpeza de equipamentos de processamento deste produto. Keijbets et al (2009), estudando a adesão de chocolates na superfície de diferentes moldes durante a fabricação, encontrou valores de energia livre superficial para um chocolate comercial com 52% de sólidos de cacau de 22,57 mN/m. Outros estudos, para comparativo, da energia livre superficial de chocolates não foram encontrados.



## 5.4 CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE VARREDURA

Com a análise em DSC foi possível identificar as temperaturas em que os chocolates começam a derreter, a faixa de temperatura em que ocorre a mudança de fase, bem como as energia necessária para que essa mudança ocorra.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de temperaturas onde iniciam as mudanças de fase (T onset), temperaturas nos pontos máximos da curva (T pico) e temperatura onde finaliza a mudança de fase (T endset) e energia para mudança de fase de primeira ordem para as diferentes amostras de chocolate.

Tabela 6– Dados de temperaturas e energia de entalpia de fusão das amostras de chocolate.

Amostra	Picos	T onset (°C)	T pico (°C)	T endset (°C)	ΔH (J/g)
<b>Branco</b>	1	19,40 ± 0,75	26,25 ± 0,96	32,25 ± 0,65	28,51 ± 15,59
	2	31,29 ± 0,97	31,29 ± 0,39	34,00 ± 0,10	8,72 ± 2,82
<b>28%</b>	1	18,88 ± 2,71	23,08 ± 0,90	27,18 ± 4,18	10,83 ± 12,74
	2	24,03 ± 3,66	27,93 ± 1,42	32,07 ± 0,88	9,16 ± 10,33
	3	28,19 ± 0,98	31,51 ± 0,40	34,64 ± 0,00	13,01 ± 4,83
<b>34%</b>	1	17,81 ± 1,72	22,63 ± 3,46	27,31 ± 5,05	21,11 ± 6,33
	2	23,51 ± 5,48	27,47 ± 2,44	31,87 ± 0,11	18,03 ± 0,57
	3	28,68 ± 0,53	31,39 ± 0,15	34,69 ± 0,21	13,03 ± 0,49
<b>41%</b>	1	19,83 ± 1,43	24,94 ± 1,85	29,01 ± 1,02	12,49 ± 2,60
	2	26,71 ± 1,20	29,78 ± 1,30	32,88 ± 2,23	13,47 ± 0,61
	3	29,58 ± 3,23	31,81 ± 0,26	35,75 ± 0,19	15,89 ± 0,85
<b>55%</b>	1	29,23 ± 0,37	33,85 ± 0,45	38,55 ± 0,74	51,83 ± 5,37
<b>70%</b>	1	28,98 ± 0,55	33,44 ± 1,12	37,81 ± 0,66	35,79 ± 1,15
<b>85%</b>	1	28,22 ± 1,18	33,99 ± 0,67	38,18 ± 0,22	47,45 ± 14,50

Fonte: Autor, 2018.

O chocolate branco apresentou dois picos de fusão, os chocolates 28%, 34% e 41% cacau apresentaram três picos de fusão enquanto que os chocolates 55%, 70% e 85% cacau apresentaram apenas um pico de fusão.

Os dados obtidos mostram diferentes números de picos e, conseqüentemente, diferentes temperaturas de fusão. Isso indica que há mudança de fase em mais de uma temperatura para algumas amostras. Diferentes pontos de fusão podem ser causados por diferentes formas polimórficas da manteiga de cacau, uma vez que as amostras que apresentaram mais de um pico foram aquelas que apresentam leite em sua composição e o leite pode causar o efeito eutético pela incompatibilidade química entre as moléculas de gordura do leite e da manteiga de cacau (LUCCAS, 2001).

Como o método utiliza uma massa muito pequena de amostra, e a matriz é bastante heterogênea, a quantidade de manteiga presente na alíquota pode variar bastante. Isto pode ter causado desvios padrão tão altos na entalpia.

Afoakwa et al. (2008) estudou a distribuição de partículas em chocolates com 65 – 75% de sólidos de cacau, utilizando DSC e obteve picos de fusão, para amostras com diferentes quantidades de manteiga, por volta de 32,4 °C. Todas as amostras, do presente trabalho, apresentaram pico em temperatura semelhante a encontrada por Afoakwa et al. (2008)

## 5.5 CARACTERIZAÇÃO DOS *COATINGS* NO CHOCOLATE

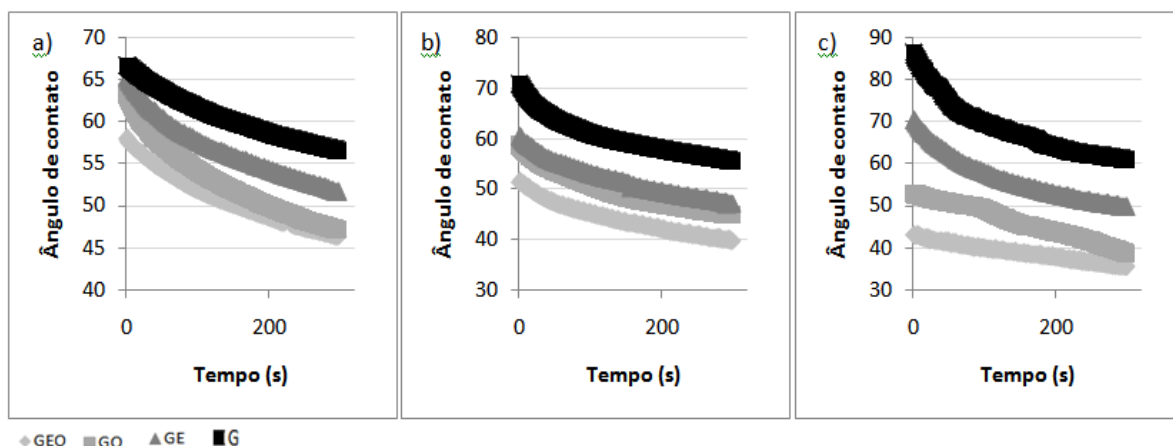
As caracterizações dos líquidos formadores do *coating* em contato com o chocolate procederam-se com os chocolates, Branco, 41% e 85% de sólidos de cacau, uma vez que esses chocolates apresentaram comportamentos diferenciados para análises térmicas e de superfície.

### 5.5.1 Molhabilidade dos *coatings* nos chocolates

De acordo com a Figura 5, foi possível observar que a GEO apresentou maior molhabilidade para todos os chocolates, uma vez que o ângulo formado entre a emulsão de *coating* e a amostra foi menor em comparação com as outras. Quando o ângulo de contato formado é igual a 0°, a superfície é completamente molhada. Ângulo de 180° indica que o líquido não molha a superfície. Já ângulos de contato entre 0° e 90° nos dizem que ocorre molhamento parcial (ADAMSON, 1982, DE GENNES et al, 2004). De maneira geral, as diferentes formulações apresentaram molhabilidade parcial nos chocolates porém, quanto menor o ângulo formado, mais o líquido se espalha e molha a superfície do sólido, indicando

uma melhor possibilidade de formação de *coating*. A formulação GEO é aquela que tem em sua composição o ácido oléico (comum na composição da manteiga de cacau) e o etanol, e o tween utilizado como emulsificante.

Figura 5 – Molhabilidade das diferentes formulações de *coating* nos chocolates a) branco b) 41% de sólidos de cacau e c) 85% de sólidos de cacau



Fonte: Autor, 2018.

Durante a análise de molhabilidade foi possível perceber uma preferência das gotas das soluções G e GE por determinados pontos da superfície. Algumas vezes, após ser depositada na superfície, a gota se movimentava em apenas uma direção ao invés de se espalhar por todas as direções. Isso pode ser causado pela heterogeneidade química da superfície dos chocolates, esse fenômeno foi principalmente observado para os chocolates branco e ao leite.

O comportamento esperado do espalhamento sobre uma superfície homogênea é que o líquido se espalhe de forma simétrica como mostra a Figura 6. O comportamento assimétrico apresentado na Figura 7 pode ter sido causado pela heterogeneidade da mistura do chocolate ou também pela rugosidade da superfície, uma vez que o evento ocorria em pontos aleatórios da superfície.

Como apresentado anteriormente, a molhabilidade representa a diferença entre as forças coesivas do líquido e as forças de adesividade entre o líquido e o sólido. Durante a análise foi possível observar que, quando mergulhada a amostra em GE e G, estas não aderiam na superfície e se deslocavam sobre a superfície, como demonstra a Figura 8. Sendo assim, as caracterizações seguintes foram realizadas com GEO e GO, uma vez que apenas

essas aderiram uniformemente na superfície do chocolate, devido a maior afinidade do chocolate pelo ácido oléico e/ou tween.

Figura 6 – Gota da formulação G depositada na superfície do chocolate 85% cacau



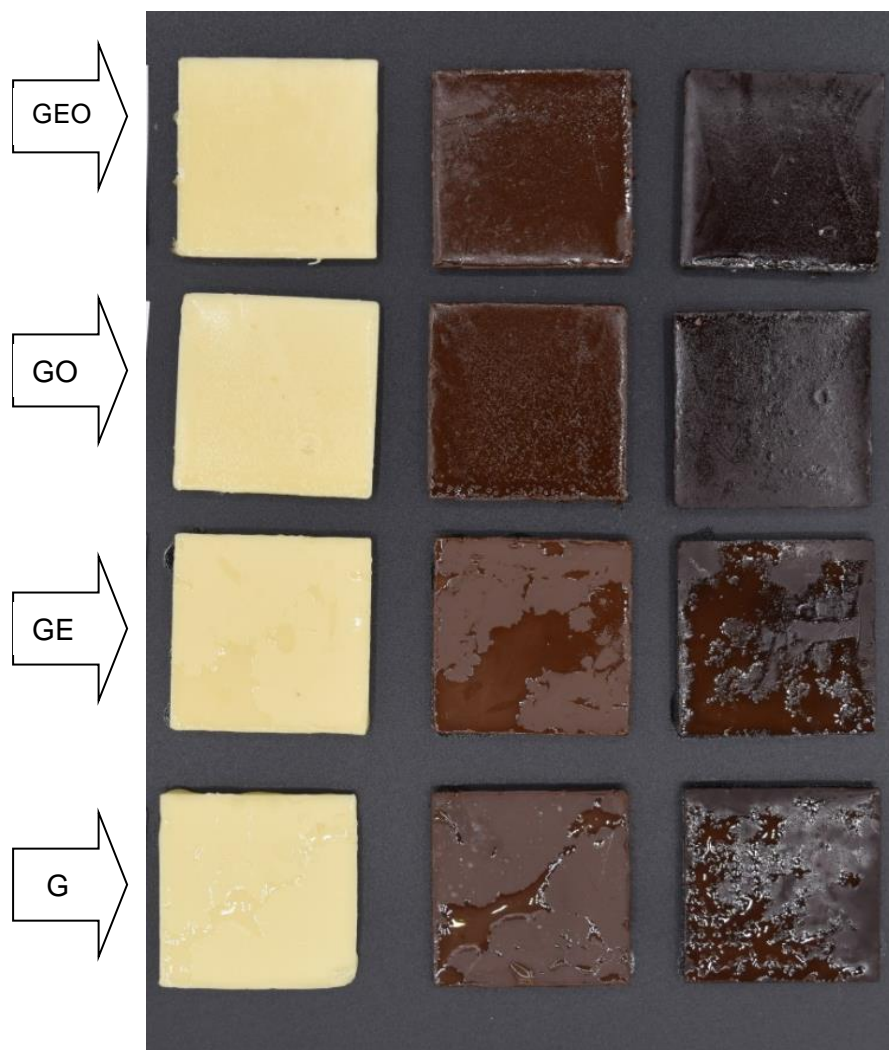
Fonte: Autor, 2018.

Figura 7 – Gota da formulação G depositada na superfície do chocolate branco



Fonte: Autor, 2018.

Figura 8 – Espalhamento dos *coatings* sobre as amostras de chocolate



Fonte: Autor, 2018.

### 5.5.2 Cinética de secagem

De acordo com a Figura 9, notou-se que, a partir de 10 minutos de secagem, o comportamento das curvas de taxas de secagens caracterizaram que o processo entrou no período decrescente, pela diminuição da água livre. As umidades finais dos recobrimentos (GEO e GO), também foram semelhantes para todas as amostras, com valores próximos de 0,5 g de água/g de sólidos secos como mostra a Figura 10. Desta maneira, em termos de secagem, não se pode dizer que há uma formulação mais vantajosa, entre as duas avaliadas.

Figura 9 – Taxas de secagem do chocolate a) branco, b) 41% de cacau e c) 85% de cacau. (triplicatas se encontram no anexo)

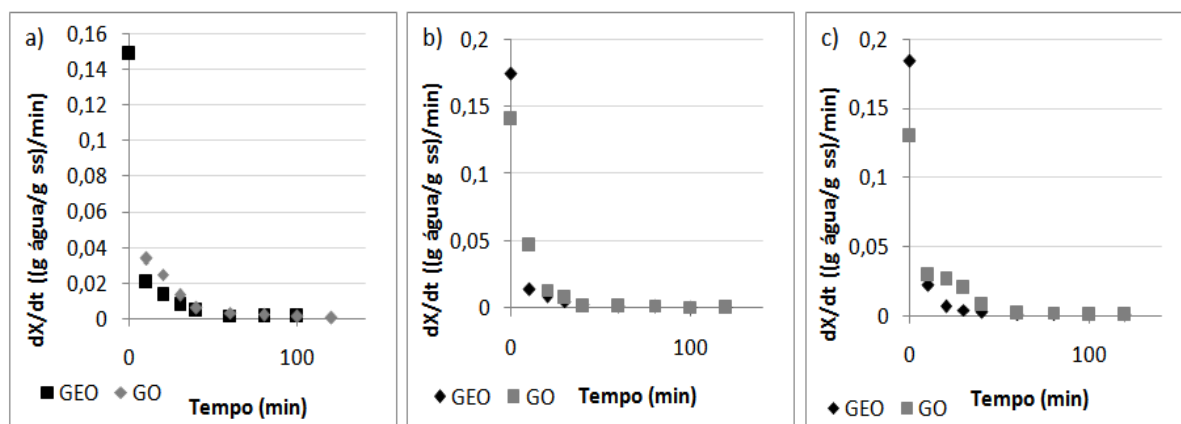
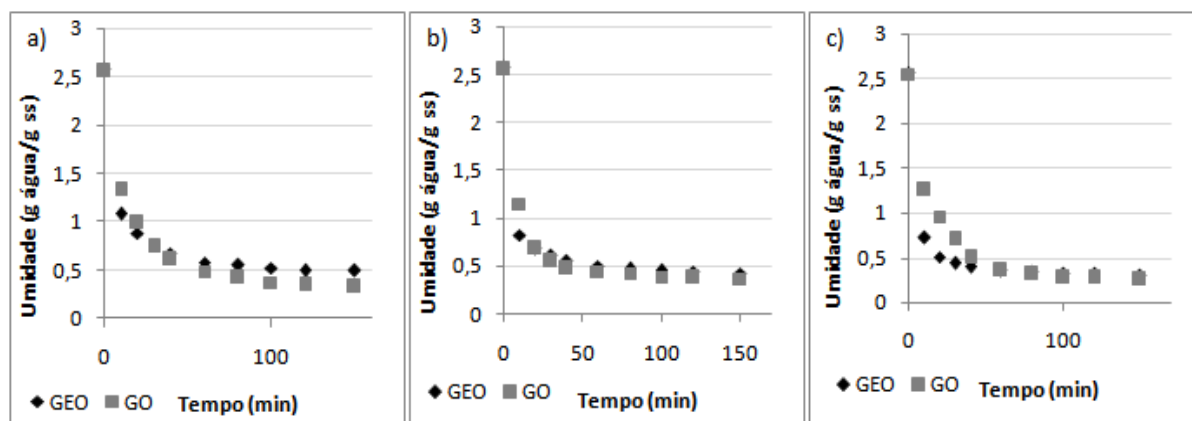


Figura 10 – Cinética de secagem do chocolate a) branco, b) 41% de cacau e c) 85% de cacau. (triplicatas se encontram no anexo)



Fonte: Autor, 2018.

### 5.5.3 Umidade

Na tabela 7 estão apresentados os dados de umidade obtidos para os diferentes chocolates, nas diferentes condições de recobrimento.

Segundo Luccas (2001), ao final do processo de produção, o chocolate possui em torno de 2% de umidade. Os resultados obtidos neste estudo se assemelham aos encontrados na literatura.

Tabela 7 – Umidade dos chocolates controle e com diferentes *coatings*

	Umidade (%)		
	Controle	GEO	GO
<b>Branco</b>	2,15 ± 0,13 <sup>a</sup>	2,07 ± 0,06 <sup>a</sup>	2,07 ± 0,06 <sup>a</sup>
<b>41% cacau</b>	2,21 ± 0,24 <sup>a</sup>	2,27 ± 0,10 <sup>a</sup>	2,26 ± 0,08 <sup>a</sup>
<b>85% cacau</b>	1,92 ± 0,36 <sup>a</sup>	2,13 ± 0,22 <sup>a</sup>	2,35 ± 0,30 <sup>a</sup>

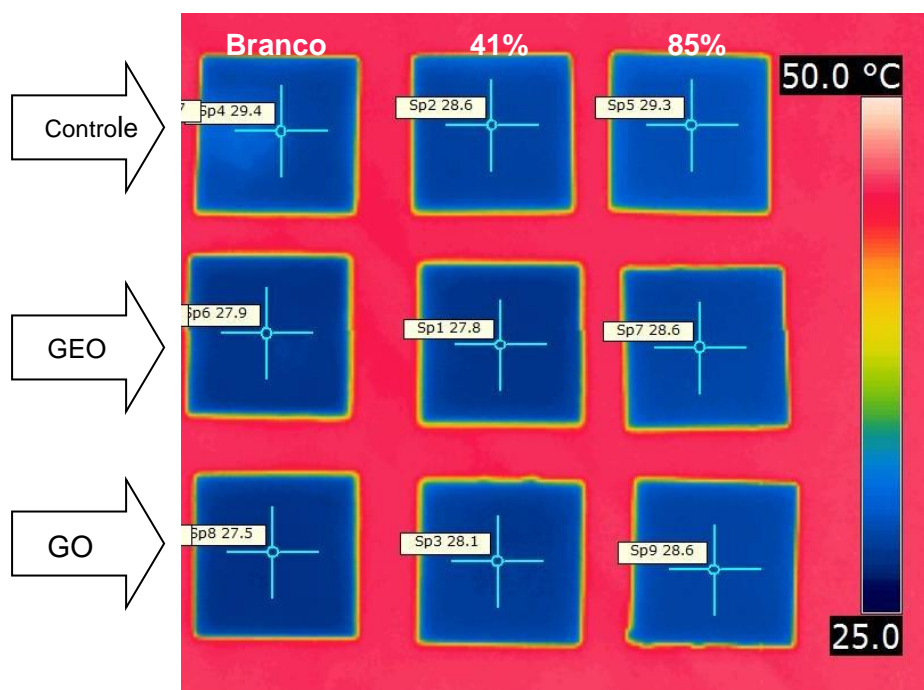
<sup>a</sup>-Valores na mesma linha com letras diferentes indicam diferença significativa (p <0,05).

Fonte: Autor, 2018.

### 5.5.4 Termografias dos chocolates quando submetidos ao aquecimento

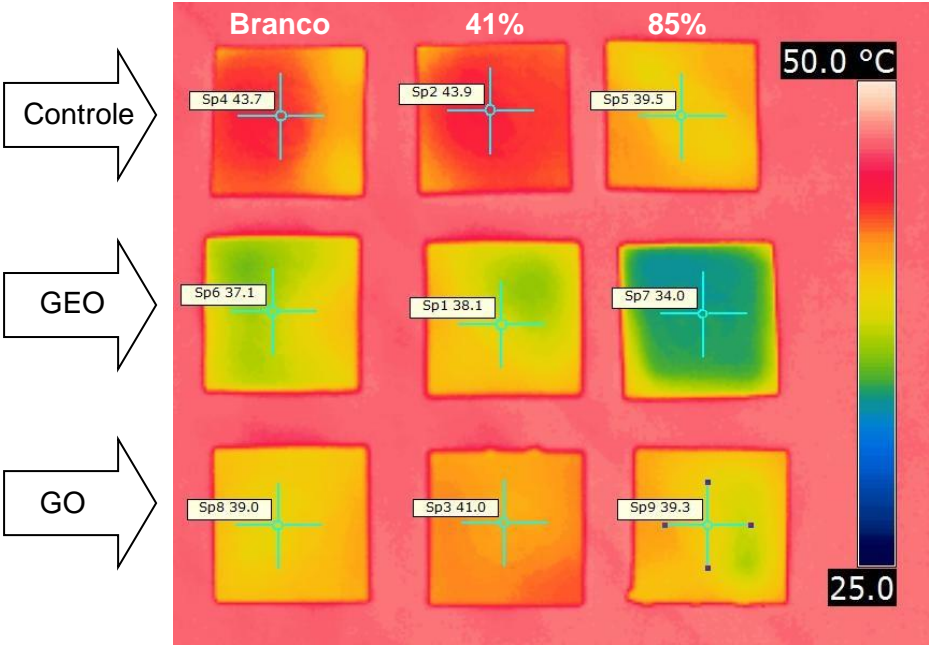
As Figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17 apresentam o resultado obtido com a câmera termográfica durante o aquecimento dos chocolates controle, com coating de GEO e com coating de GO. As imagens foram registradas até o nono minuto.

Figura 11 – Termografia dos chocolates no primeiro minuto de aquecimento.



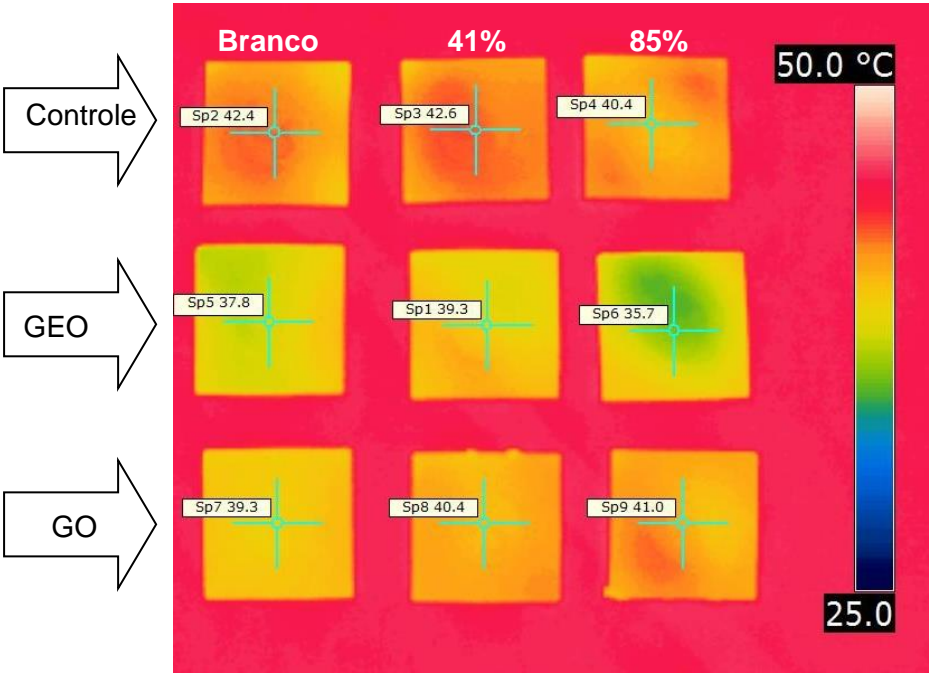
Fonte: Autor, 2018.

Figura 12 – Termografia dos chocolates no quarto minuto de aquecimento



Fonte: Autor, 2018.

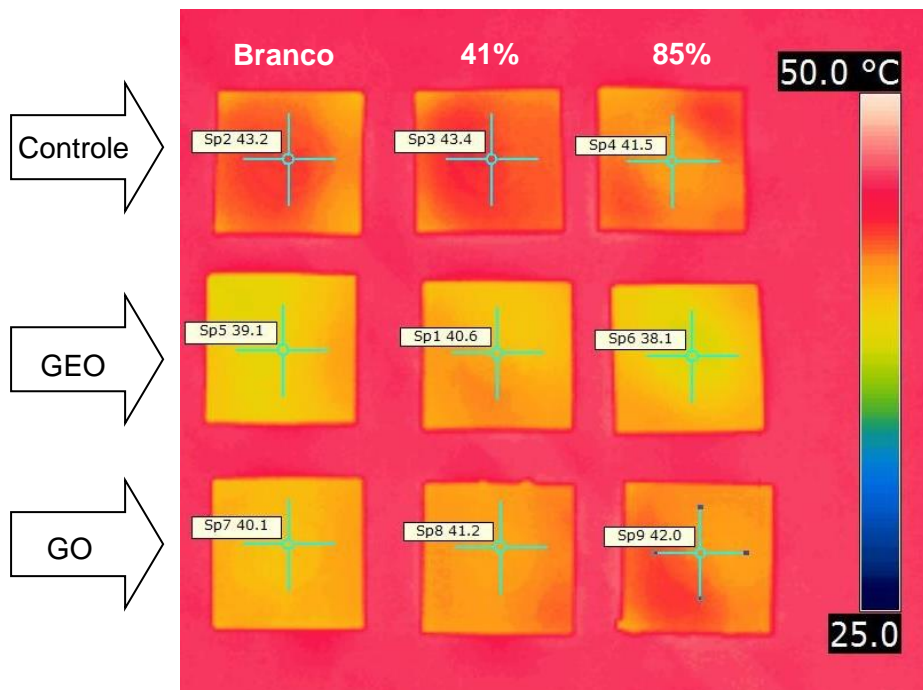
Figura 13 – Termografia dos chocolates do quinto minuto de aquecimento.



Fonte: Autor, 2018.

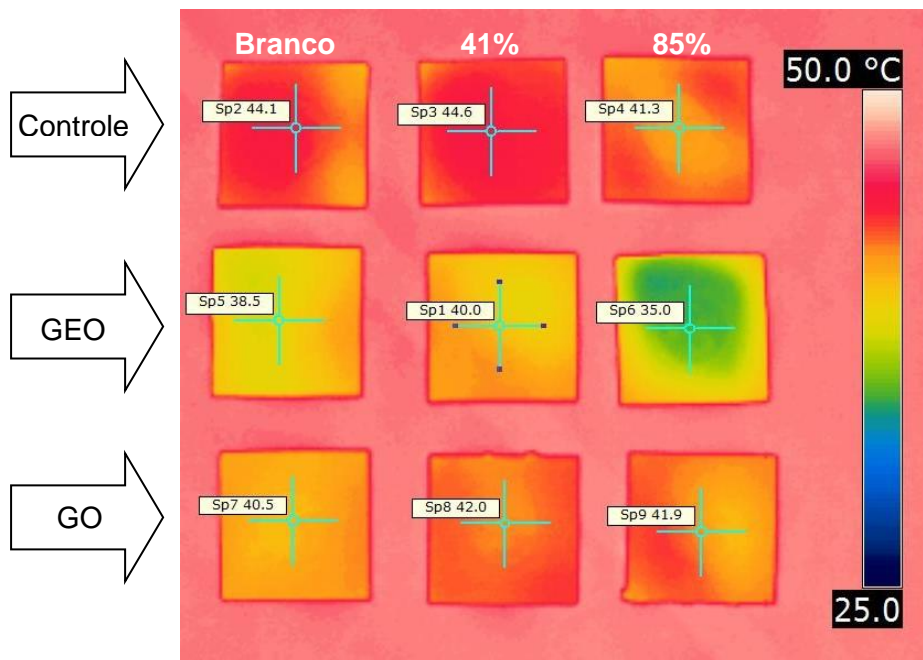


Figura 14 – Termografia dos chocolates no sexto minuto de aquecimento.



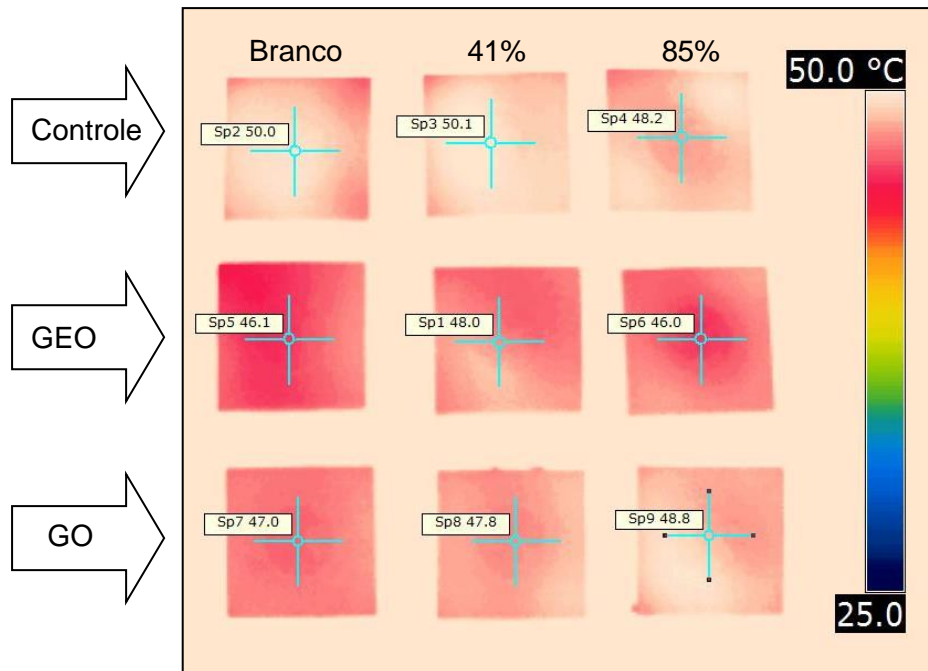
Fonte: Autor, 2018.

Figura 15 – Termografia dos chocolates no sétimo minuto de aquecimento.



Fonte: Autor, 2018.

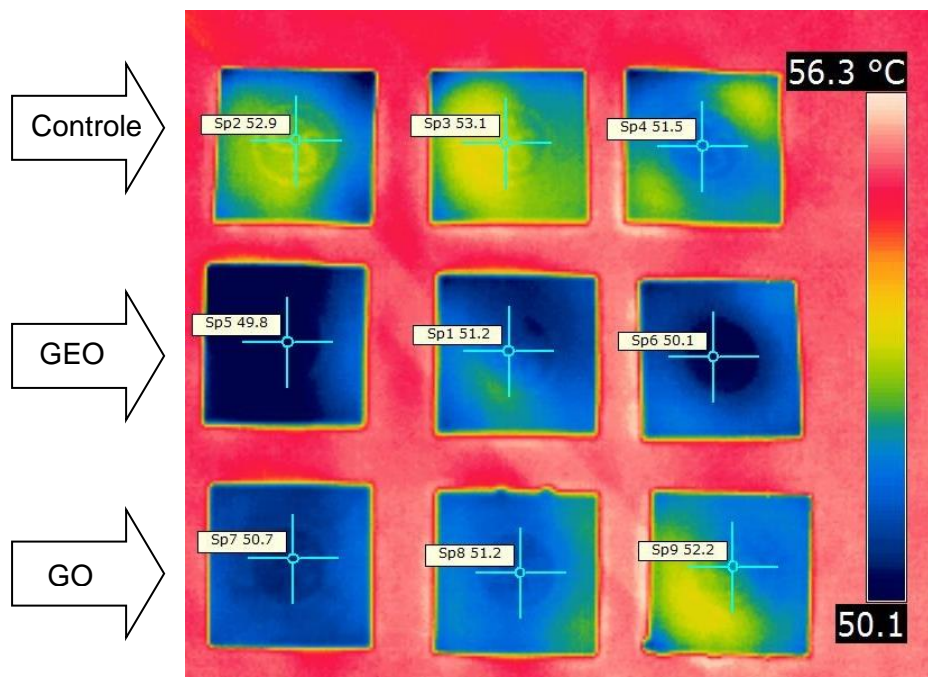
Figura 16 – Termografia dos chocolates no oitavo minuto de aquecimento



Fonte: Autor, 2018.

Como na Figura 16 a visualização já está dificultada, a escala de temperatura da Figura 17 foi alterada para que fosse possível visualizar a diferença de temperatura.

Figura 17 – Termografia dos chocolates no nono minuto de aquecimento.

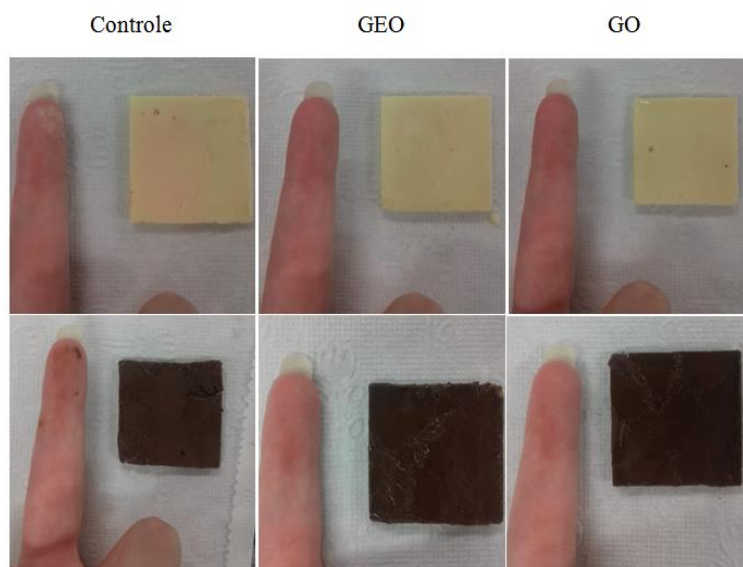


Fonte: Autor, 2018.

As amostras recobertas com GEO apresentaram temperatura levemente inferior do que as demais amostras em todas as termografias. Isso indica que, essas amostras podem apresentar uma maior resistência ao calor em comparação com as amostras controle e com o recobrimento GO, embora a espessura do *coating* seja muito fina. Sendo assim, os resultados sugerem que a GEO atrasou o derretimento do chocolate.

Após o aquecimento, todas as amostras 85% cacau haviam derretido sem que fosse possível removê-las inteiras da chapa. Já as amostras de chocolate branco e 41% cacau foram retiradas inteiras da chapa. Depois de retiradas, um teste foi feito passando o dedo sobre a superfície das amostras para avaliar o resíduo deixado pelo chocolate na mão. A Figura 18 apresenta os resultados obtidos.

Figura 18 – Teste de sujidade de chocolate (branco e 41% cacau) na mão, após o aquecimento.



Fonte: Autor, 2018.

### 5.5.5 Cor

Na Tabela 8 são apresentados os dados obtidos com a análise de cor das amostras de chocolate branco, 41% de cacau e 85% de cacau, com diferentes tipos de recobrimento, para os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .

Tabela 8 – Dados referentes à análise de cor das amostras de chocolate.

Amostra		Controle	GEO	GO
Branco	L	84,66 ± 5,88 <sup>a</sup>	80,96 ± 3,27 <sup>a</sup>	80,14 ± 1,13 <sup>a</sup>
	a	-2,33 ± 0,30 <sup>a</sup>	-2,58 ± 0,14 <sup>a</sup>	-2,65 ± 0,18 <sup>a</sup>
	b	29,16 ± 2,16 <sup>a</sup>	31,29 ± 1,29 <sup>a</sup>	30,99 ± 0,42 <sup>a</sup>
41%	L	26,30 ± 3,75 <sup>a</sup>	12,18 ± 0,98 <sup>b</sup>	13,44 ± 0,35 <sup>b</sup>
	a	6,87 ± 1,66 <sup>a</sup>	11,11 ± 0,56 <sup>b</sup>	10,13 ± 0,82 <sup>ab</sup>
	b	4,41 ± 2,48 <sup>a</sup>	10,30 ± 1,40 <sup>b</sup>	9,36 ± 0,91 <sup>ab</sup>
85%	L	14,01 ± 2,28 <sup>a</sup>	6,86 ± 0,86 <sup>b</sup>	9,69 ± 0,30 <sup>b</sup>
	a	4,46 ± 0,17 <sup>a</sup>	4,21 ± 0,68 <sup>a</sup>	3,76 ± 0,38 <sup>a</sup>
	b	1,47 ± 0,64 <sup>a</sup>	2,27 ± 0,58 <sup>a</sup>	1,29 ± 0,08 <sup>a</sup>

<sup>a-b</sup>-Valores na mesma linha com letras diferentes indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ). Fonte: Autor, 2018.

O chocolate branco não apresentou diferença significativa em nenhum dos parâmetros avaliados, para nenhum tipo de recobrimento. Enquanto que, as amostras de chocolate 41% de cacau e 85% de cacau diferiram da amostra controle para o parâmetro L\*, mas não diferiram entre as amostras com os diferentes *coatings*, essa diferença é causada pelo fato dos *coatings* mudarem a refração da luz, deixando as amostras de chocolate preto com aparência mais escura (parâmetro L\* menor) e mais brilhante.

### 5.5.6 Análise de textura dos chocolates

Nas Tabelas 9, 10 e 11 são apresentados os resultados para a análise de textura dos chocolates branco, 41% de cacau e 85% de cacau, respectivamente. O ensaio foi realizado com as amostras controle, com os *coatings* GEO e GO.

Tabela 9 – Análise de textura do chocolate branco com os diferentes recobrimentos

Chocolate Branco			
	Área (N.s)	Força (N)	Módulo Elástico (N/s)
Controle	6,36 ± 0,63 <sup>a</sup>	9,61 ± 1,64 <sup>a</sup>	12,06 ± 6,40 <sup>a</sup>
GEO	6,76 ± 1,39 <sup>a</sup>	11,44 ± 1,26 <sup>a</sup>	13,61 ± 4,97 <sup>a</sup>
GO	8,25 ± 0,46 <sup>a</sup>	12,87 ± 0,14 <sup>a</sup>	4,72 ± 1,26 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>-Valores na mesma coluna com letras diferentes indicam diferença significativa (p <0,05).Fonte: Autor, 2018.

Tabela 10 – Análise de textura do chocolate com 41% de cacau com os diferentes recobrimentos

Chocolate 41% cacau			
	Área (N.s)	Força (N)	Módulo Elástico (N/s)
Controle	7,65 ± 0,27 <sup>a</sup>	12,82 ± 0,77 <sup>a</sup>	16,12 ± 10,74 <sup>a</sup>
GEO	7,78 ± 2,42 <sup>a</sup>	14,55 ± 0,81 <sup>a</sup>	19,05 ± 11,97 <sup>a</sup>
GO	7,39 ± 1,99 <sup>a</sup>	14,61 ± 1,73 <sup>a</sup>	8,74 ± 3,28 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>-Valores na mesma coluna com letras diferentes indicam diferença significativa (p <0,05).

Fonte: Autor, 2018.

Tabela 11 - Análise de textura do chocolate com 85% de cacau com diferentes recobrimentos

Chocolate 85% cacau			
	Área (N.s)	Força (N)	Módulo Elástico (N/s)
Controle	22,97 ± 2,77 <sup>a</sup>	40,52 ± 4,40 <sup>a</sup>	47,21 ± 31,79 <sup>a</sup>
GEO	25,15 ± 0,81 <sup>a</sup>	42,97 ± 2,59 <sup>a</sup>	57,67 ± 9,10 <sup>a</sup>
GO	24,24 ± 2,17 <sup>a</sup>	43,73 ± 2,96 <sup>a</sup>	44,02 ± 8,40 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>-Valores na mesma coluna com letras diferentes indicam diferença significativa (p <0,05).

Fonte:Autor, 2018.

A força para perfurar 20% dos chocolates, a área abaixo da curva e o módulo elástico foram dependentes da concentração de cacau na massa. Belščak-cvitanović et al. (2015) estudaram os parâmetros de qualidade físicas de chocolates produzidos com redução de açúcar e 50% cacau, fazendo ensaio de perfuração de 50% da amostra (2 mm) . Os produtos com sacarose apresentaram força de perfuração de 56,82 N. Considerando que foi utilizado uma distância de perfuração duas vezes maior e que a amostra continha 50% de cacau (valor intermediário entre o 41% cacau e 85% cacau utilizados nesse trabalho) a quantidade de força

necessária pra perfurar em relação a concentração de cacau foi semelhante ao encontrado neste estudo.

De acordo com a análise estatística, as amostras não apresentaram diferença significativa entre os tipos de recobrimentos usados, para nenhum dos parâmetros de textura analisados. No entanto, uma tendência na redução do módulo elástico foi percebida quando os chocolates foram recobertos com GO. O módulo elástico é medido na parte inicial da amostra, onde pode ter maior influência do *coating*.

### 5.5.7 Análise sensorial – comparação pareada

Na Tabela 12 são apresentados os resultados da análise sensorial realizada com amostras sem *coating* e com *coating* contendo goma arábica, etanol e ácido oleico. A análise foi realizada com 20 avaliadores, sendo que participaram cinco homens e 15 mulheres. A média de temperatura das mãos dos 20 avaliadores foi de 32,6 °C.

Tabela 12 - Número de respostas referente ao brilho e a sujidade residual dos chocolates.

	Branco		41% cacau		85% cacau	
	CC	SC	CC	SC	CC	SC
<b>Maior brilho</b>	20	0	20	0	20	0
<b>Maior sujidade</b>	17*	*	18*	1*	19*	*

CC = com *coating*; SC = sem *coating*; \* Algumas pessoas não souberam informar

De acordo com o teste de comparação pareada, as amostras apresentaram diferença de brilho ao nível de significância de 0,1% para os três pares de chocolate (branco, 41% cacau e 85% cacau), sendo que aqueles que continham *coating* apresentaram brilho mais intenso. Apresentaram, também, diferença significativa com relação à sujidade nas mãos ao nível de significância de 0,5% para o chocolate branco e 0,1% para os chocolates 41% cacau e 85% cacau, resultando em maior sujidade para aqueles que continham *coating*. Após a análise de comparação pareada, os avaliadores foram solicitados que respondessem qual das amostras era de sua preferência em relação ao brilho, e todas as pessoas preferiram as amostras sem *coating* para os chocolates branco e 41% cacau, apenas seis avaliadores preferiram o brilho presente no chocolate 85% cacau com *coating*. Este resultado pode ser em decorrência das pessoas estarem habituadas a uma intensidade de brilho menor para este tipo de produto. Já nos produtos drageados, os consumidores esperam o brilho que geralmente é obtido com a

goma laca. Fadini et al. (2013) estudou recobrimentos que possibilitassem a substituição da goma laca em drageados, a formulação escolhida foi a que apresentou intensidade de brilho mais semelhante ao brilho fornecido pela goma laca.

Ao contrário do esperado, segundo os avaliadores as amostras que estavam com *coating* sujaram mais as mãos do que aquelas sem o *coating*. Os avaliadores comentaram que sentiam certa pegajosidade nas amostras com *coating*, isso pode ter gerado confusão com a sujidade causada pelo derretimento do chocolate. Outro fator que pode ter influenciado, é a adsorção de umidade pelo xarope de glicose, pelo fato deste componente ser higroscópico (JAYA & DAS, 2004).

Durante a análise, os avaliadores também responderam à pergunta: “O fato de sujar as mãos ao consumir este tipo de produto incomoda você?”. Das 20 pessoas, 17 responderam que se sentem incomodadas por ficar com as mãos sujas. Este fato reforça a importância da pesquisa para encontrar uma forma de consumir este tipo de produto sem sujar as mãos.

## 6. CONCLUSÃO

O uso de um *coating* para evitar o derretimento do chocolate nas mãos durante o consumo, é uma alternativa considerável, desde que se tenha o *coating* adequado.

A concentração de cacau influenciou fortemente nas características dos chocolates. O ângulo de contato foi diretamente influenciado pela concentração de cacau, bem como a homogeneidade da matriz, afetando diretamente na adesão dos *coatings*. A composição dos chocolates também influenciam no derretimento do mesmo por proporcionar a formação de diferentes formas cristalinas da manteiga de cacau. A emulsão a base de goma arábica e ácido oléico foi capaz de aderir em todos os chocolates testados.

Neste estudo, o uso do recobrimento demonstrou reduzir um pouco a transferência de calor para o chocolate, cumprindo parte do objetivo, porém, o uso do mesmo não foi satisfatório em termos de reduzir a sujidade das mãos causada pelo derretimento

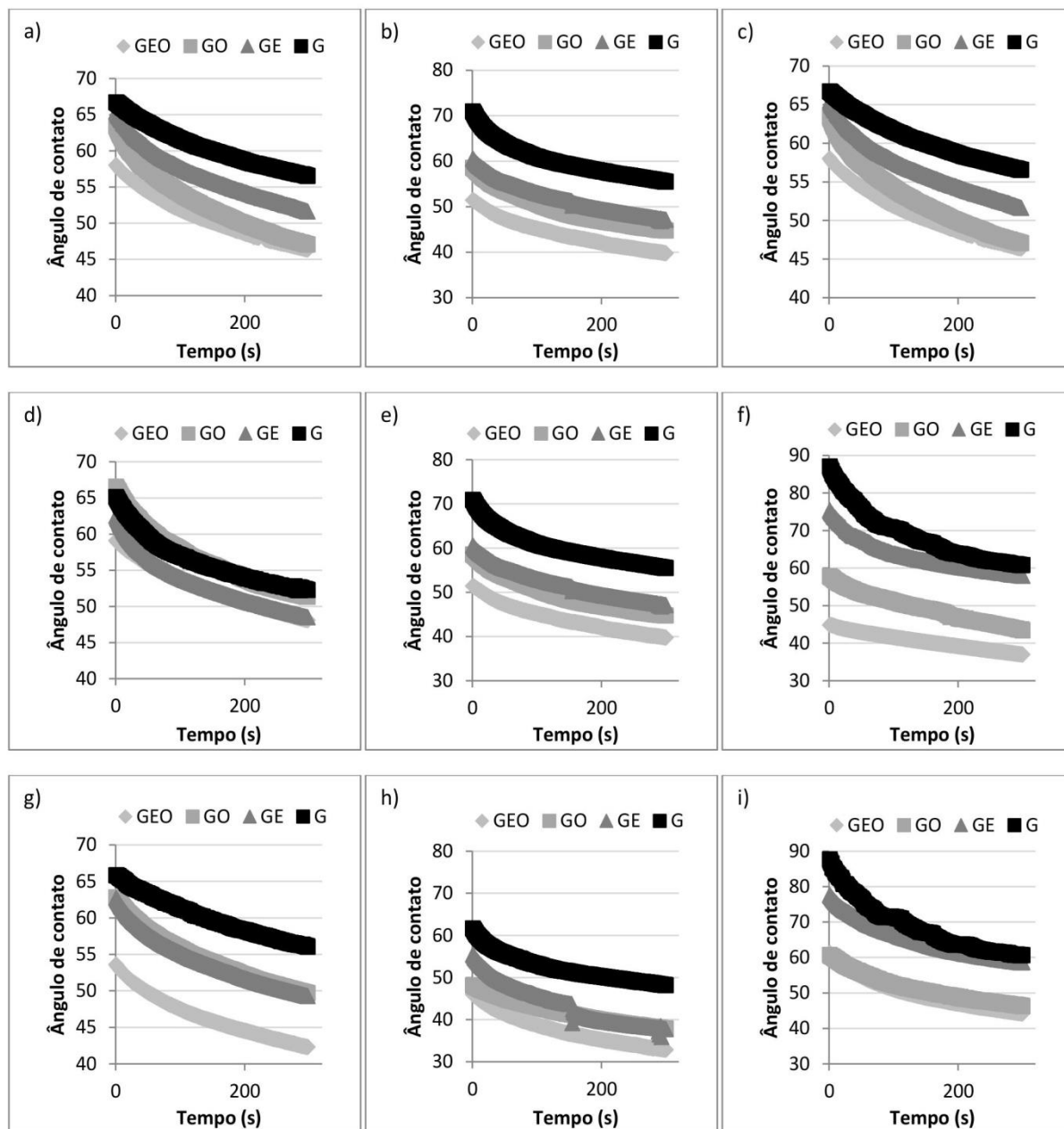


## 7. TRABALHOS FUTUROS

- Estudar a influência da concentração do xarope de glicose e da goma arábica na diminuição da “pegajosidade” relatada pelos avaliadores da análise sensorial.
- Estudar a diminuição do brilho, uma vez que foi rejeitado pelos avaliadores.
- Obter uma nova formulação, sanando os problemas encontrados e realizar um teste de aceitação e intenção de compra do produto.
- Analisar a rugosidade da superfície dos chocolates
- Analisar o comportamento dos chocolates recobertos, durante a estocagem, avaliando o possível atraso para o aparecimento do *fatbloom*.
- Estudar o uso de desumectante na composição do *coating*.

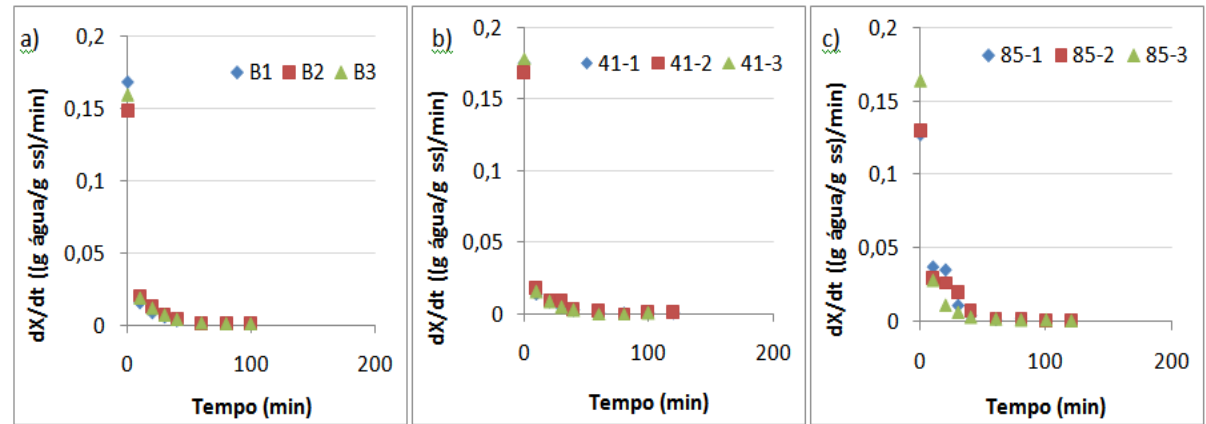
## 8. ANEXOS

Figura 19 – Molhabilidade das diferentes formulações de *coating* nos chocolates a), d) e g) branco; b), e) e h) 41% de sólidos de cacau; c), f) e i) 85% de sólidos de cacau.



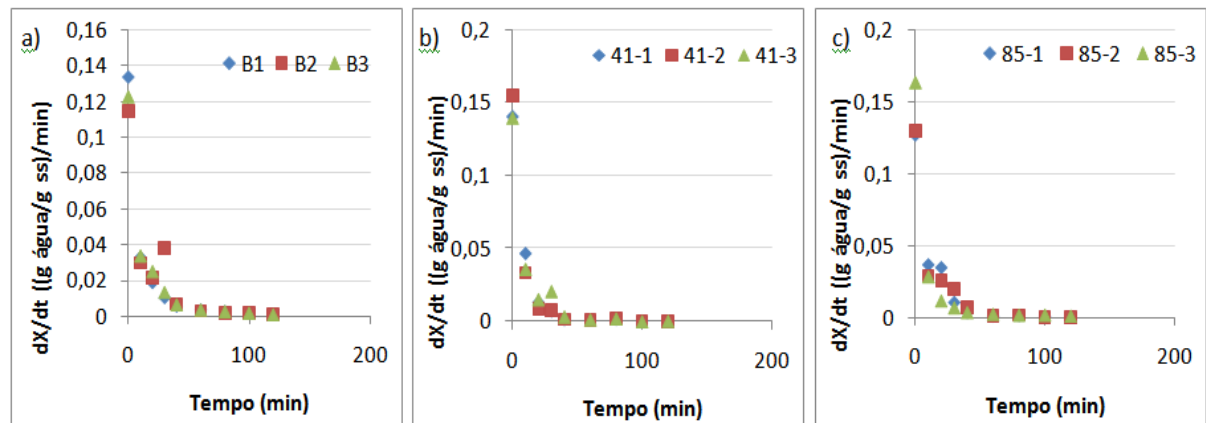
Fonte: Autor, 2018.

Figura 20 – Taxas de secagem do chocolate a) branco, b) 41% de cacau e c) 85% de cacau, com o *coating* GEO.



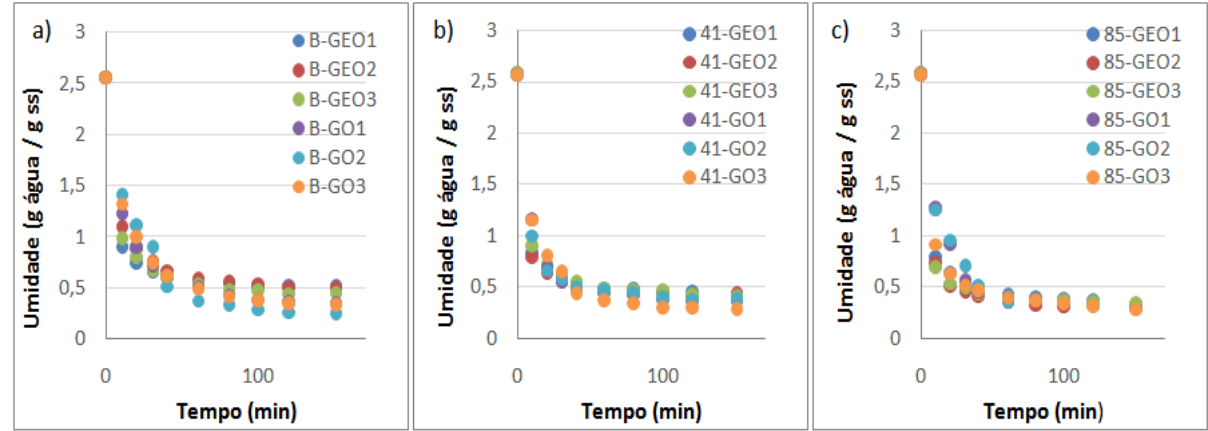
Fonte: Autor, 2018.

Figura 21 – Taxas de secagem do chocolate a) branco, b) 41% de cacau e c) 85% de cacau, com o *coating* GO.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 22 – Cinéticas de secagem do chocolate a) branco, b) 41% de cacau e c) 85% de cacau, com os *coatings* GEO e GO.



Fonte: Autor, 2018.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABICAB, 2017. Pesquisas e estatísticas: Chocolate: produção, consumo aparente, exportação e importação. Disponível em: <http://www.abicab.org.br/estatisticas/>. Acesso em 4 de junho de 2018.

ADAMSON, A.W., Physical Chemistry of Surfaces; 4th Edition, John Wiley and Sons Inc., New York City, 1982.

AFOAKWA, Emmanuel Ohene et al. Characterization of melting properties in dark chocolates from varying particle size distribution and composition using differential scanning calorimetry. **Food Research International**, [s.l.], v. 41, n. 7, p.751-757, ago. 2008.

ALI, Badreldin H.; ZIADA, Amal; BLUNDEN, Gerald. Biological effects of gum arabic: A review of some recent research. **Food And Chemical Toxicology**, [s.l.], v. 47, n. 1, p.1-8, jan. 2009.

BARAY, S. Acacia Gum. CHO, S. S.; SAMUEL, P. (Eds), **Fiber Ingredients – Food Applications and Health Benefits**, cap. 7, CRC Press, 2ªEd. 2009.

BECKETT, S. T.; **Fabricación y utilización industrial del chocolate**. Zaragoza: Acribia, 1994. 432p.

BECKETT, S. T. **The Science of Chocolate**: 2. ed. RSC Publishing. York, 2008.

BELLČAK-CVITANOVIĆ, Ana et al. Physical, bioactive and sensory quality parameters of reduced sugar chocolates formulated with natural sweeteners as sucrose alternatives. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 167, p.61-70, jan. 2015.

BERG, J. C. Wettability - **Surfactant Science Series**, v. 49, New York, 1993.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Legislação. VisaLegis. Resolução RDC n.264, de 22 de setembro de 2005**. Aprova Regulamento Técnico para Chocolates e Produtos de Cacau. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/doc/resolucao\\_rdc\\_264\\_de\\_22\\_de\\_setembro\\_2005.pdf](http://www.anvisa.gov.br/doc/resolucao_rdc_264_de_22_de_setembro_2005.pdf)>. Acesso em: 29 out. 2017.

BRIGGS, J. L.; WANG, T. Influence of shearing and time on the rheological properties of milk chocolate during tempering. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 81, n. 2, 2004.

BRIONES, Vilbett; AGUILERA, José M.; BROWN, Christopher. Effect of surface topography on color and gloss of chocolate samples. **Journal Of Food Engineering**, [s.l.], v. 77, n. 4, p.776-783, dez. 2006.

BURKARTER, E. Construção de imagens por padrões hidrofóbico/hidrofílico. 2006. 94p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Física do Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CARNEIRO, A. P. G. et al. Parâmetros de textura em barras de chocolate ao leite. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 22, n. 2, p. 259-264, abr./jun. 2011.

CHAPMAN, G.M. Cocoa butter and confectionery fats studies using programmed temperature x-ray diffraction and differential scanning calorimetry. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v.48, p.824-830, 1971.

CHARLEY, H.; WEAVER, C. Milk. In: \_\_\_\_\_. **Foods: a scientific approach**. Upper Saddle River: Merrill Prentice Hall. v.19, p.308-323, 1998.

CHEN, H., Functional Properties and Applications of Edible Films Made of Milk Proteins. **Journal Dairy Science**, V. 78, p. 2563-2583, 1995.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4ª Edição. Artmed, 2010.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J. A.; VOILLEY, A., Edible Films and Coatings: Tomorrow Packaging: A Review. **Critical Reviews in Food Science**, V. 38, p. 299-313, 1998.

DOI, Y. et al. A ninety-day oral toxicity study of a new type of processed gum arabic, from Acacia tree (Acacia senegal) exudates, in F344 rats. **Food And Chemical Toxicology**, [s.l.], v. 44, n. 4, p.560-566, abr. 2006.

EMBUSCADO, Milda E.; HUBER, Kerry C. Edible Films and Coatings for Food Applications. **Springer**, New York, 2009.

ENGETECNO ONLINE. **Legislação. Leite e Derivados. Leite em Pó. Portaria n.146, de 07 de março de 1996**. Regulamento técnico de identidade e qualidade de leite em pó. Disponível em: <[http://www.engetecno.com.br/legislacao/leite\\_rtfiq\\_leite\\_po.htm](http://www.engetecno.com.br/legislacao/leite_rtfiq_leite_po.htm)>. Acesso em: 24 de junho de 2018.

EUROPEAN COUNCIL, 2000. **Directive relating to cocoa and chocolate products**. Eur. Communities 117. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM%3A121122b>> Acesso em: 24 de junho de 2018.

FADINI, A.I. et al. Mechanical properties and water vapour permeability of hydrolysed collagen–cocoa butter edible films plasticised with sucrose. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 30, n. 2, p.625-631, mar. 2013.

FONSECA, Sergio Ferraz. Utilização de Embalagens Comestíveis na Indústria de Alimentos. 2009. 34f. **Trabalho acadêmico apresentado ao Curso de Bacharelado em Química de Alimentos**. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Gabas, A. L. et al. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. **Journal of Food Engineering**. Oxford: Elsevier B.V., v. 82, n. 2, p. 246-252, 2007.

GLICERINA, Virginia et al. Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study. **Journal Of Food Engineering**, [s.l.], v. 169, p.165-171, jan. 2016.

GUILBERT, S.; GONTARD, N.; GORRIS, G. M., Prolongation of the Shelf-life of Perishable Food Products using Biodegradable Films and Coatings. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, V. 29, n. 1-2, 1996

GUNNERDAL, J. Cocoa butter alternatives in confectionary production. **AgroFood-Industry**, Milano, v.3/4, p.28-32, 1994.

JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powders properties. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 125-134, 2004.

JEFFERY, M. S. Key functional properties of sucrose in chocolate and sugar confectionery. **Food Technol.**, Chicago, v.47, n.1, p.141-144, 1993.

J. Long, M. N. Hyder, R. Y. M. Huang, P. Chen, "Thermodynamic modeling of contact angles on rough, heterogeneous surfaces", **Adv. Colloid Interface Sci.** 118, 1- 3 (2005), 173-190.

Kalia, S.; Sabaa, M.W. Polysaccharide Based Graft Copolymers; **Springer: Berlin, Germany; Heidelberg, Germany**; p. 1–353. 2013

KEIJBETS, Esther L. et al. Surface energy investigation of chocolate adhesion to solid mould materials. **Journal Of Food Engineering**, [s.l.], v. 92, n. 2, p.217-225, maio 2009.

KROCHTA, J. M.; BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. **Edible coatings and films to improve food quality**. Pennsylvania, Technomic, 1994.



KROCHTA, J. M.; MULDER-JOHNSTON, C. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology*, v.51, p.61-74, 1997

LANNES, S. C. S. Estudo das propriedades físico-químicas e de textura de chocolates. São Paulo, 1997. 175 p. **Tese de Doutorado** - Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo, SP.

LEE, S.-y.; DANGARAN, K.I.; KROCHTA, J.m.. Gloss Stability of Whey-Protein/Plasticizer Coating Formulations on Chocolate Surface. *Journal Of Food Science*, [s.l.], v. 67, n. 3, p.1121-1125, abr. 2002.

LIPP, M.; ANKLAM, E. Review of cocoa butter and alternatives fats for use in chocolate - part A. compositional data. *Food Chemistry*, Oxford, v.62, n.1, p.73- 97, 1998.

LOISEL, C. et a/. Phase transitions and polymorphism of cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Chicago, v.75, n.4, p.425-439, 1998.

LONCHAMPT, P.; HARTEL, R. W. Surface bloom on improperly tempered chocolate. *European Journal of Lipid Science and Technology*, Malden, v. 108, n. 2, p. 159-168, 2006.

LUCCAS, V. Fracionamento térmico e obtenção de gorduras de cupuaçu alternativas à manteiga de cacau para uso na fabricação de chocolate. 2001. **Tese de Doutorado** - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

LUZ, A. P.; RIBEIRO, S.; PANDOLFELLI, V. C.. Artigo revisão: uso da molhabilidade na investigação do comportamento de corrosão de materiais refratários. *Cerâmica*, [s.l.], v. 54, n. 330, p.174-183, jun. 2008.

MANTROSE-HAEUSER CO. INC. (Estados Unidos). Zhong Et Al. **Anti-scuff coating for chocolate**. ES nº ES2553188T3, 26 mar. 2007, 4 dez. 2015.

MARANGONI, A. G. The functionality of milkfat fractions in confectionery and plastic fats. In: WELTI-CHANES, J.; BARBOSACÁNOVAS, G. V.; AGUILERA, J. M. (Ed.). **Engineering and Food** for the 21th Century. Boca Raton: CRC Press, 2002. cap. 9, p. 125-140.

MARTIN JUNIOR, R. A. Chocolate. **Adv. Food Res.**, New York, v.31, p.211-342, 1987.

MARTINS, R. “Processamento de Chocolate”. REDETEC, Rio de Janeiro, 2007. [Dossiê Técnico].

MINIFIE, B. W. **Chocolate, cocoa and confectionery: science and technology**. 2.ed. Westport: AVI, 1983. 735p.

N. Sobczak, M. Singh, R. Asthana, “High-temperature wettability measurements in metal/ceramic systems - some methodological issues”, **Current Opinion Solid State Mater. Sci.** 9 (2006) 241-253.

SKURTYS, O. ACEVEDO, C., PEDRESCHI, F., ENRONOE, J., OSORIO, F., AGUILERA, J.M.. **Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings**. Nova Science Publishers, Inc. New York, NY, USA. 2010.

TIMMS, R. E. Confectionery fats handbook: properties, production and application. **Bridgewater:The Oily Press**, 2003.

VILLADIEGO, A. M. D.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J.; PUSCHMANN, R.; MINIM, V. P. R.; CRUZ, R., Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Revista Ceres**, Viçosa, V. 52, n. 300, p. 221-244, 2005.

VOGLER, E. A. Structure and reactivity of water at biomaterial surfaces. **Advances in Colloid and Interface Science**, v.74, p.69– 117, 1998.

WILLE, R.L.; LUTION, E.S. Polymorphism of cocoa butter. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 43, n.8, p.491-496, 1966